

최종
결과보고서

산업폐기물(석탄회, 석고, 패각)이 작물생육에 미치는 영향
Effects of Industrial Wastes(fly ash, gypsum, and shell) on the
Amendment of Soils and Growth of Crops

경상대학교 농과대학 농화학과

농 립 부

31.821
L2931
V.2

최종보고서

1995년도 농림수산 특정연구 사업에 의하여 완료한 산업폐기물(석탄회, 석고, 패각)이 작물생육에 미치는 영향에 관한 연구의 최종보고서를 별첨과 같이 제출합니다.

첨 부 : 1. 최종보고서 8부

1996. 11. 30.

주관 연구 기관 : 경상대학교 농과대학

총괄연구책임자 : 하 호 성

주관연구기관장 : 경상대학교 농과대학장 직인

농 립 부 장 관 귀 하

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서는 산업폐기물 (석탄회, 석고, 패각)이 작물생육에 미치는 영향에 관한 연구 과제의 최종보고서를 제출합니다.

1996. 11. 30.

주관 연구 기관명 : 경상대학교 농과대학

총괄 연구 책임자 : 하 호 성

연 구 원 : 이 협

" : 김 정 훈

" : 이 용 복

" : 강 명 수

협동연구기관

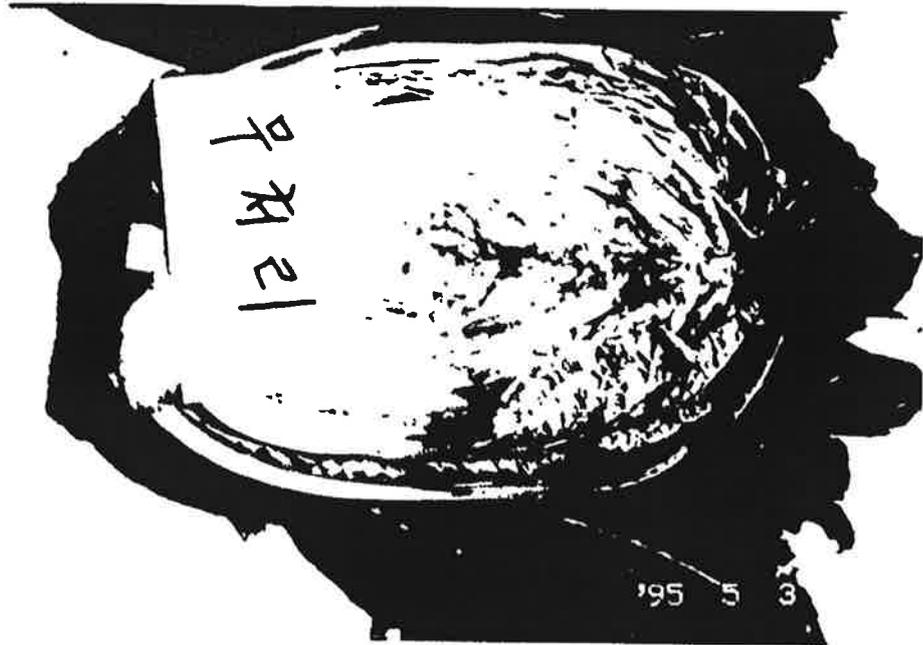
경남 농촌 진흥원 : 이한생

밀양시 농촌지도소 : 박상률

사천시 농촌지도소 : 박정식

하동군 농촌지도소 : 김영권

(- 3 -)

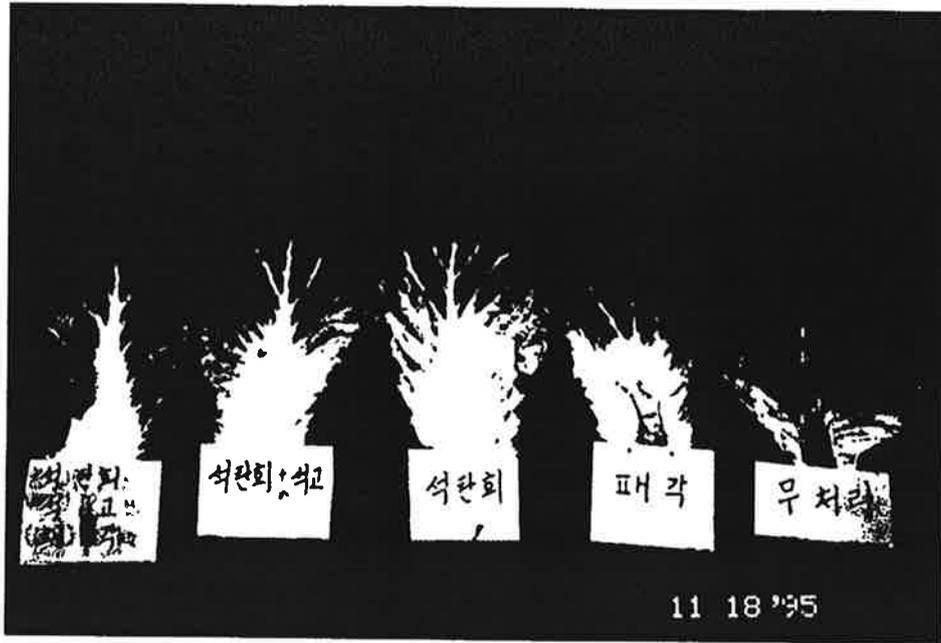


무처리의 석회결핍증



정상적인 생육상태

(- 4 -)

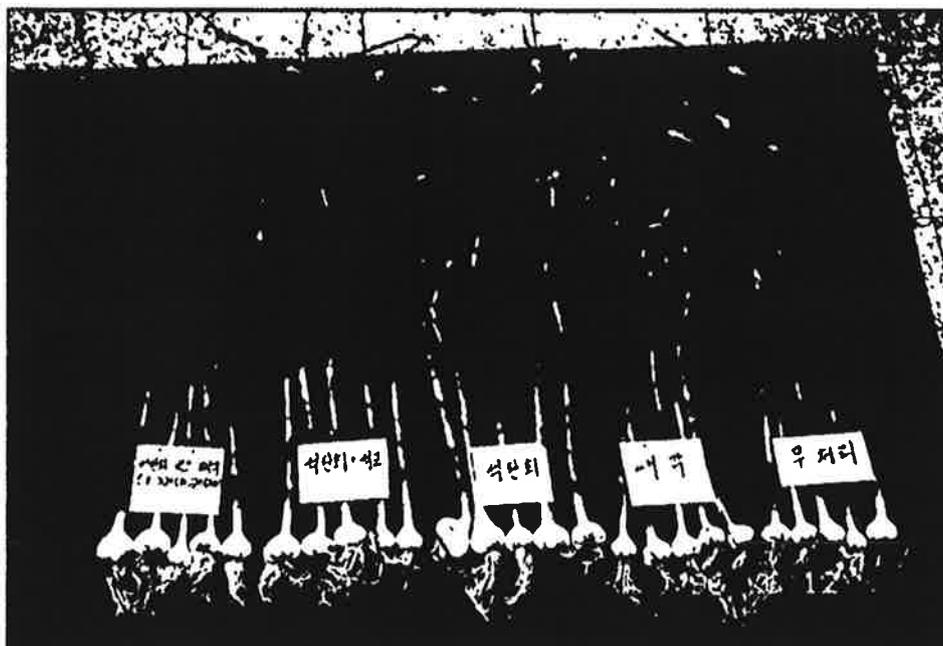
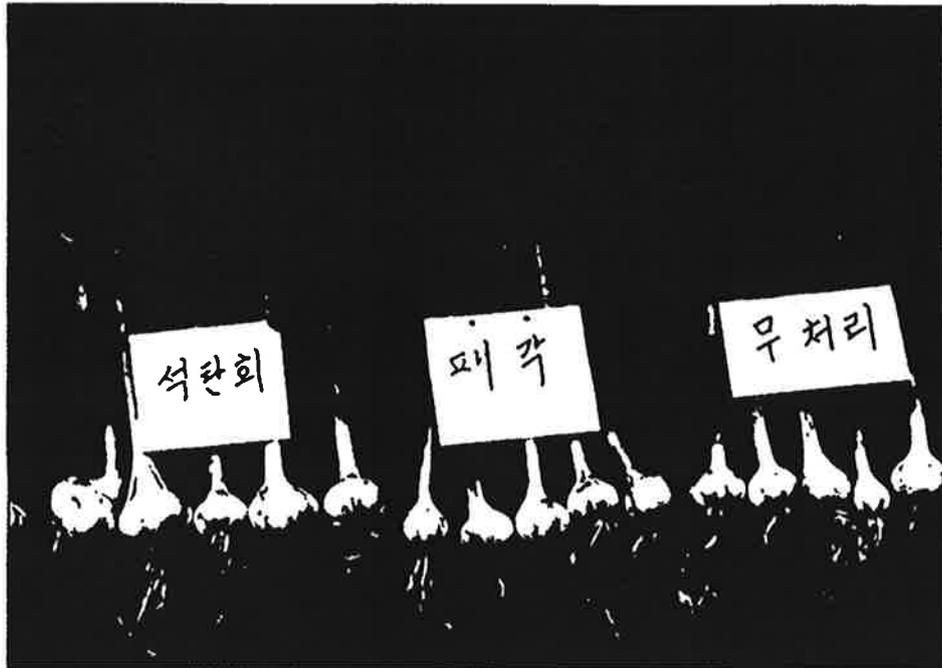


패각과 무처리의 붕소결핍증



붕소결핍에 의한 생육상태의 차이

(- 5 -)



수확기 마늘의 생육비교

(- 6 -)

요 약 문

I. 제목

산업폐기물(석탄회, 석고, 패각)이 토양개량과 작물생육에 미치는 영향.

II. 연구개발의 목적 및 중요성

한국전력공사 산하의 10개 화력발전소에서 1996년도 생산되는 석탄재(灰)가 총 3,127천톤이 생산되며 이 중 국내무연탄의 재(灰)가 971천톤, 수입유연탄의 재가 2,156천톤이 생산된다. 한국전력공사에서는 2000년도에는 4,419천톤이 생성될 것으로 예측하며 현재에도 대기업의 자체화력발전소에 의하여 생성되는 재까지 합치면 재의 생성량은 더욱 늘어날 것이다. 이렇게 생성되는 재는 현재로는 산업폐기물로 규정되어 있어 재활용이 용이하지 않으며 95년도에는 시멘트공업 등에 전체발생량의 18.2%인 491천톤이 재활용 되었으며 나머지는 폐기된 상태이다. 세계적으로 재활용율이 높은 나라는 벨기에 73%, 이탈리아 63%, 프랑스와 독일이 50%이상 활용하고 있다. 우리나라에서는 건축자재의 첨가재로서 활용하고 있으나 석탄재의 화학적 조성으로 보아 토양개량재료의 활용성이 높다고 보겠다. 특히 우리나라 토양은 pH가 낮고 토양에 염기부족으로 인한 작물생육의 부진과 지대에 따라 붕소결핍이 나타날 수 있는 농경지가 많아 작물에 따라 석탄회의 효과가 뚜렷이 나타날 농경지의 분포가 많은 편이다. 또한 농업적으로 토양개량재료 이용 될 경우 대량으로 이용되어 해마다 생성량이 증가 될 석탄회의 소모가 용이 할 것이며 특히 현재 정부에서 보조하여 공급하는 석회와 규산질비료의 공급을 석탄회로 충분히 대응 할 수 있으며 대응 할 경우 석회자원의 보존과 규산질비료의 공급이 불필요하므로 국가예산을 절감할 수 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 연구개발의 내용

시험작물은 시설배추, 노지배추, 마늘, 단감, 밤 등 5개작물에 무처리, 패각 처리, 석탄회처리, 석탄회+석고처리, 석탄회+석고+패각처리 등 5개 처리를 하여 토양개량과 작물생육 상태를 농가포장을 차지하여 시험재배 하였으며 가을배추 시험은 다음해 봄배추를 심어 잔효효과를 규명하였고 마늘은 후기작물 재배관계로 잔효효과를 규명하지 못하였으며 단감은 잔효와 또한 토양조건이 다른 과원을 차지하여 일년차 시험을 추가 하였으며 밤에 대한 시험은 하동군 2개면에 95년 개량재를 처리하여 금년에 잔효효과를 보았다.

2. 연구개발의 범위

본 연구는 95, 96년 2년의 연구기간으로 1년차는 개량재 시용효과를 2년차는 잔효효과를 규명코저 하였다. 그러나 시설배추와 마늘재배는 후작관계로 연속재배에 의한 잔효효과를 시험하기 곤란하였다.

3. 재배작물 및 시험지

작 물· 명 (년도)	재 배 장 소	시험년수
1. 봄 시설배추(95)	밀양시 하남읍 맥내리 박용태 포장	1년
2. 가을 노지배추(96)	진주시 대곡면 단목리 경상대 포장	1년
3. 봄 노지배추(96)	" "	잔효
4. 단감(1)(95)	사천시 정동면 예수리 박명문 포장	1년
5. 단감 (96)	" "	잔효
6. 단감(2)(96)	진주시 가좌동 유병석 포장	1년
7. 마늘(1)(95)	사천시 정동면 동계리 박정태 포장	1년
8. 마늘(2)(96)	진주시 초전동 경남농촌진흥원 포장	1년
9. 밤(1)(95)	하동군 적량면 동사부락 김한철 포장	1년
10. 밤 (96)	" "	잔효
11. 밤(2)(95)	하동군 양보면 감당리 배상근 포장	1년
12. 밤 (96)	" "	잔효

4. 조사분야

- 토양 : 개량재처리에 의한 pH, 유기물, 무기염류, 유효성분의 변화.
- 작물 : 개량재처리에 의한 작물의 무기성분흡수.
- 수량 : 개량재처리에 의한 작물의 수량비교.

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발결과

1995~96년(2년간) 4개작물에 대한 시험결과 다음과 같이 요약코저한다.

가. 토양

- 석탄회, 패각 시용으로 토양의 pH가 현저히 상승하였으며 석탄회+석고를 시용한 처리구는 무처리에 비하여는 높았지만 석탄회, 패각처리 보다는 낮았다.
- 석탄회 시용으로 토양내 유효인산의 함량이 현저히 증가되었다.
- 패각, 석탄회 시용으로 치환성 염기가 현저히 증가되었으며 특히 석회, 칼리함량이 증가되었다.
- 석탄회 시용으로 붕소함량이 현저히 증가되었다.
- 패각 시용에서는 토양붕소함량이 무처리와 비슷하였다.
- 석탄회 시용으로 방사상균수와 세균수가 증가되었다.

나. 작물생육

- 석탄회 처리로 배추의 구고, 구폭이 증가되어 생육이 양호하였다.
- 밀양 식양토에서 석탄회 시용으로 배추의 석회결핍증이 없었으며 무처리에서는 석회결핍증으로 배추내부에 섬유질이 증가되었으며 추대 발생 현상이 나타나 품질이 좋지 못하였다.
- 석탄회 시용으로 배추의 환원당함량이 증가되었으며 반대로 조섬유 함량이 감소되었다.
- 석탄회+석고 시용으로 배추의 조섬유 함량이 증가되었다.

- 개량재 처리로 비타민-C의 함량이 증가되었으며 특히 석탄회+석고 시용으로 증가량이 많았다.
- 단감 엽의 붕소함량은 석탄회 처리로 증가되었다.
- 단감에서 과실의 품질에는 크게 영향이 없는 것 같다.
- 단감의 낙과율은 석탄회 처리로 감소 되었으며 패각과 무처리에서는 타 처리에 비하여 높은 낙과율을 나타내었다.
- 마늘시험에서 생육후기로 갈수록 엽수량이 석탄회 및 개량재 처리로 증가되었다.
- 마늘의 식물체 무기성분 함량도 석탄회 시용으로 증가되었고 총질소와 인산 및 붕소의 함량도 증가되었다.
- 밤 역시 석탄회 처리로서 엽내 총질소, 인산, 아연 그리고 붕소함량이 증가 되었다.

다. 수량

<1995년도>

- 시설봄배추 재배에 석탄회 처리로서 무처리에 비하여 수량이 19%, 석탄회+석고 처리가 20.8%, 석탄회+석고+패각 처리가 23.4% 증수되었다.
- 가을노지배추에 석탄회 처리로서 64%의 수량증수가 있었다.
- 단감수량은 석탄회 처리로서 63.9% 수량이 증수되었다.
- 마늘수량은 무처리에 비하여 패각이 10%, 석탄회 14%, 석탄회·석고 시용이 27% 증수되었다.
- 석탄회 시용에 의한 밤의 수량은 두시험지 같이 34.7%수량증수가 되었다.

<1996년도>

- 봄노지배추의 잔효시험에서 무처리와 패각 처리구는 붕소결핍이 심하여 수량이 현저히 감소되었고 석탄회 처리는 잔효가 755.0% 증수되었다.
- 마늘의 석탄회 처리효과는 무처리에 비하여 28.8% 증수되었다.
- 96년도 단감포장에서 석탄회 처리로서 무처리에 비하여 7.0%증수되었다.

- 하등 적량 개량재 잔효효과에서 석탄회 처리로 33.7%, 양보면의 잔효효과는 42.0% 증수되어 잔효효과가 인정되었다.

2. 활용에 대한 건의

2년간 배추, 마늘, 단감, 밤에 대한 당년성과 잔효효과를 시험한 결과 작물에 따라 차이가 있으나 석탄회 시용이 토양개량과 작물생육에 효과적인 결과를 얻었으며 우리나라 농경지에 활용할 수 있겠음 다음과 같이 활용 할 것을 건의코저함.

- (1) 현재 석탄회는 산업폐기물로 규정되어 농경지에 이용이 법적으로 제재되어 있으므로 법개정이 필요하다.
- (2) 석탄이용 화력발전소에 농민들이 이용하겠음 발전소 부속 석탄회 퇴적장이 필요하다.
- (3) 석탄회를 자유로히 이용할 수 있겠음 제도적인 장치가 필요하다.
- (4) 석탄회는 미세한 입자이므로 취급상 불편하므로 과립화 시켜 포장하여 공급하여야 할 것이다.
- (5) 현재 정부에서 공급하는 석회, 규산질비료의 대응효과가 뚜렷하므로 농협을 통한 제도적 공급이 필요하다.
- (6) 석탄회의 취급이 용이 하겠음 과립화 형태나 유기질비료 형태로 제품화 될 수 있겠음 계속 연구가 필요하다.

Summary

I. Title

Effect of Industrial Waste (fly ash, gypsum, shell) on the
Amendment of Soil and Growth of Crops.

II Purpose and Importance of Study

The 3,127 million ton of fly ash was came out from ten thermoelectric power plants under Korea Electric Power Corporation(KEPCO). The 0.97 million ton of fly ash was came from domestic anthracite coal, and 2,156 million ton was came from an imported bituminous coal. The KEPCO presumes that an amount of fly ash will be increased to 4,419 million ton in the 2000s. It will be more over than that, if the fly ash from large enterprise power plants is counted. The fly ash was defined as industrial wastes, only 0.49 million ton(18%) was reused as cement component in our country. However, there are Belgium(73%), Italy(63%), France and Germany(above 50%) in the counties that have high utilization ratio of fly ash. Though the fly ash has been reused as additive of architectural material such as cement in our country, it will be more suitable for soil amendment, in consideration of its composition.

In particular, the fly ash will be much more effective to our country, if we consider that many places in our country feature low pH and deficiency of salts including boron. If the fly ash can be used as soil amendment, it will result in consumption on a large scale of fly ash. We can substitute the fly ash for the lime and the silica fertilizer being supported from government, which result in saving the government budget.

III. Contents and Extends of study

1. Contents

The experiment was carried out with five types of treatments, which were consisted of control, shell, fly ash, fly ash · gypsum, and fly ash · gypsum · shell. These treatments were applied to Chinese cabbage in greenhouse, Chinese cabbage in field, garlic, sweet persimmon and chestnut. To define the remained effect for Chinese cabbage, spring cabbage was planted after autumn cabbage harvest without any more application of fly ash. The remained effect for garlic was failed because farmer's circumstances. The remained effect of sweet persimmon was defined and we tried more one year for another first year effect at new soil condition. The remained effect of chestnut was defined at two places in Hadong.

2. Extends

This study was conducted to investigated the first year effects and remained effects of fly ash from 1995 to 1996. However, remained effect of Chinese cabbage in greenhouse and garlic could not be defined because of farmer's circumstances.

3. Planted crop and places

Crop	Place
Spring chinese cabbage in greenhouse(95)	Hanamup Maecneri, Milyang (Park yong tae field)
Autum chinese cabbage in field(96)	Daegokmyen Danmokri, Chinju (Gyeongsang Univ. field)
Spring chinese cabbage in field(96)	Daegokmyen Danmokri, Chinju (Gyeongsang Univ. field)
Sweet persimmon(95)	Chungdongmyen yesuri, Sachun (Park moug mun field)
Sweet persimmon(96)	Chungdongmyen yesuri, Sachun (Park moug mun field)
Sweet persimmon (2) (96)	Gajoadong, Chinju (Yu Byeong seok field)
Garlic(1) (95)	Chungdongmyen Donggaaeri, Sachun. (Park jung tae field)
Garlic(2) (96)	Gyeongnam Provincial Rural Development Administraion field
Chestnut(1) (95)	Jukryang dongsari, Hadong (Kim han chul field)
Chestnut (96)	Jukryang dongsari, Hadong (Kim han chul field)
Chestnut(2) (95)	Yanfgbomyen Gamdangri, Hadong (Bae sang gun field)
Chestnut (96)	Yanfgbomyen Gamdangri, Hadong (Bae sang gun field)

4. Fields of investigation

- Soil : change of pH, organic matter, inorganic salts and available components.
- Crops : absorption of inorganic components.
- Quantity : comparison of quantity.

IV. Results and Suggestion for practical use

1. Results

The results for 2 years (1995 ~1996) are summarized as follows :

1) Soil

- The pH was significantly increased with application of the fly ash and shell.

The plot treated with fly ash · gypsum was higher pH than control plot, but lower pH than the plots treated with fly ash and shell

- The effective phosphate was significantly increased with application of fly ash.
- The exchangeable salts were significantly increased with application of fly ash and shell. Especially, contents of calcium and potassium were increased.
- The boron was significantly increased with application of fly ash.
- The boron was similar between the plot treated with shell and the control plot.
- The number of *Actinomyces* and bacteria was increased with application of fly ash

2) Growth of crops

- The height width of Chinese cabbage were increased with application of the fly ash.
- In the clay loam at Milyang, the calcium deficiency of Chinese cabbage was not observed in the plot treated with fly ash, but calcium deficiency was observed and the content of fiber was increased in the control plot. In consequence, quality of Chinese cabbage was worse.
- The reducing sugar was increased, on the contrary, the content of crude fiber was decreased with application of fly ash.

- The content of crude fiber was increased with application of fly ash · gypsum.
- The vitamin C was increased in every treatment plots. Especially, the plot treated with fly ash · gypsum was much higher.
- The boron of sweet persimmon leaves was increased with application of fly ash .
- The treatment of fly ash was not effective to the quality of sweet persimmon.
- The rate of detaching fruits was decreased with application of the fly ash. The rate of detaching fruits was showed high in the plots treated with shell and control.
- As times goes on the late period of a growth in garlic, a number of leaves was increased with application of soil amendments.
- The boron, the total nitrogen and total phosphate of garlic were increased with application of the fly ash.
- The boron, the zinc, the total nitrogen and total phosphate of chestnut were increased with application of fly ash.

3) Quantity

< 1995 year >

- In the spring Chinese cabbage in the greenhouse, the plots treated with fly ash, fly ash · gypsum and fly ash · gypsum · shell showed yield increased of 19%, 20.8%, 23.4%, respectively.
- In the autumn Chinese cabbage in the field, the plot treated with fly ash showed yield increased of 64%.
- In the sweet persimmon, the plot treated with fly ash showed yield increased of 63.9%.
- In the garlic, the plots treated with shell, fly ash, and fly ash · gypsum showed yield increased of 10%, 14%, and 27%, respectively.
- The yield of chestnut increased 34.7% with application of the fly ash.

< 1996 year >

- . In the remained effect of spring Chinese cabbage in the field, the plot treated with shell and control plot showed significantly boron deficiency and yield decrease, on the contrary, the plot treated with fly ash showed 755% of yield increase.
- . The yield of garlic increased 28.8% with application of the fly ash.
- . The yield of sweet persimmon increased 7% with application of the fly ash.

2. Suggestion for practical use

According to the results of first year effects and remained effects of the fly ash for two years, the application of the fly ash results in effective to improve soil improvement and growth of crops. In order to the effective use of fly ash, we suggest as follow.

- . It is necessary to amend law which the fly ash is defined industrial waste in order to apply to cultivated land freely.
- . It is necessary to make stack place in thermoelectric power plant for farmer to use the fly ash effectively.
- . It is also necessary to make public system for farmer to use the fly ash freely.
- . The study on coagulation the fly ash should be conducted for farmer to use easily.
- . It is necessary to make the public marketing system like the National Agricultural Cooperative Federation for farmer to be supplied the fly ash, easily.

*** Contents ***

Chapter 1. Introduction	1
Section 1. Purpose and extent of study	1
Section 2. Contents of study	2
Section 3. Experienced place and crop.....	4
Chapter 2. Studies in chinese cabbage	5
Section 1. Introduction.....	5
Section 2. Methods	5
Section 3. Results	8
Chapter 3. Studies in garlic	48
Section 1. Introduction	48
Section 2. Methods	48
Section 3. Results	50
Chapter 4. Studies in sweet persimmon	60
Section 1. Introduction	60
Section 2. Methods	60
Section 3. Results	62

• 목 차 •

제 1장 서론	1
제 1절 연구개발의 목적과 범위.....	1
제 2절 연구내용.....	2
제 3절 시험장소 및 시험작물.....	4
제 2장 배추에 관한 연구.....	5
제 1절 서설.....	5
제 2절 연구방법.....	5
제 3절 연구결과.....	8
제 3장 마늘에 관한 연구	48
제 1절 서설	48
제 2절 연구방법	48
제 3절 연구결과	50
제 4장 단감에 관한 연구	60
제 1절 서설	60
제 2절 연구방법	60
제 3절 연구결과	62

제 5장 밤에 관한 연구	87
제 1절 서설	87
제 2절 연구방법	87
제 3절 연구결과	89
제 6장 토양과 식물체 중금속 함량	106
제 1절 토양의 중금속함량	106
제 2절 식물체의 중금속함량.....	110
제 7장 시험 결과 요약	115

제 1장 서론

제 1절 연구개발의 목적과 범위

1. 연구개발의 중요성

현시대는 산업화에 의하여 산업폐기물, 생활폐기물 및 가축사육에서 생성되는 분료물질등 헤아릴 수 없는 다종다양한 상태의 폐기물이 하루에 123,154톤(92년)이 생성되며, 이러한 산업폐기물이나 생활폐기물중에서 재활용 가능한 폐기물은 재활용 할수있는 방법을 모색하여야 할 것이다. 산업폐기물중 화력발전소의 석탄회가 96년 300만톤이상, 3개 비료회사에서 석고가 2,200천톤, 남해안 굴양식에 의한 패각이 207천톤이 생성되며, 이중 석고와 패각은 우리나라 토양에 부족한 석회 공급자원이 되며 석탄회는 석회뿐만이 아니라 다양한 염기와 미량원소인 붕소를 비롯한 유용한 성분을 함유하여 토양개량재로서 이용 가능성이 큰 것으로 인정되어 여러사람에 의하여 농업적인 이용 가능성이 검토되어 긍정적인 평가를 하고있다. 석탄회와 패각은 pH 9.0 이상의 알칼리성이며 석고는 pH 4.0 이하의 산성이므로 현재 석고는 일반농경지에 사용이 불가하나 석탄회, 석고, 패각을 일정비율로 혼합하면 석회와 유황, 붕소를 비롯한 좋은 석회질 토양개량재로 이용될 수 있다. 또한 이러한 물질은 석회와 규산질비료 대용자재로 충분한 이용가치가 있으므로 산업폐기물의 재활용면에서, 석회의 자원을 보존하는 면에서, 석회공급을 위한 국고지원비의 절감 차원에서 본 연구의 중요성을 가질수 있다.

2. 연구개발의 목적

우리나라 토양의 화학적 조건으로 보아 석탄회, 석고 시용으로 토양의 화학적 조건이 작물생육에 유효할 것으로 생각되어 토양개량, 작물생육, 폐기물의 재활용 및 폐기물 처리의 예산 절감면에서 본 연구의 목적을 두고자한다.

제 2절 연구내용

1. 개량재의 화학적 특성

석탄회, 석고, 패각의 화학적 특성은 표 1과 같다.

표 1. 0.5N-HCl 가용 개량재 분석치.

개량재 성분	pH	P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	ZnO	Cu	Pb	B ₂ O ₃	Cd
		(-----%-----)						(-----ppm-----)				
석 탄 회	9.90	1.95	0.45	0.16	0.08	0.54	91.48	55.9	9.9	19.45	151.98	nd
석 고	3.90	0.35	9.74	nd*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
패 각	9.50	0.075	25.85	0.22	0.09	0.07	nd	nd	nd	nd	nd	nd

*nd = not detection.

<석탄회>

석탄회의 물리적 성질로서 입자분포는 미사(silt 0.02-0.002mm)가 60%정도이며 토양에 사용하였을 경우 조립질 및 세립질 토양의 물리성 개선에 효과적이어서 석탄회를 사용하지 않은 토양에 비하여 용적밀도가 낮아지고 통기성이 양호해지며 보수력은 높아지며 유효수분범위는 크게 영향을 미치지 않는 것이다. 그러나 석탄회를 대량사용(경토 중량의 20%)한 경우 석탄회 중의 석회물질이 물과 작용하여 굳어져 토양구조가 불량해 질수도 있다. 석탄회의 사용으로 입자간 응집력이 감소되어 풍식 및 수식에 약할 수 있다. 또한 석탄회는 유색물질이므로 담색의 토양에 사용할 때는 토양온도의 상승이 가능하다. 석탄회의 화학적 성질은 석회를 비롯한 여러 가지 염기가 함유되어 있어 pH가 9.0 정도의 알칼리성을 띠고 있어 우리나라 산성토양에서는 석탄회 사용으로 pH가 상승하며 따라서 석회를 비롯한 다수의 염기가 첨가된다. 특히 석탄회는 산지에 따라 칼리와 석회함량이 높은 회가 생성되기도 한다. 석탄회를 다량사용시에는 석회과잉으로 인산이 불용태가 될 수 있고 또한 산지에 따라 재의 유리 알루미늄과 철분이 많아지면 인산의 유효도가 낮아질 수가 있으나 석탄회의 적량사용에 의하여 pH가 6.0~7.0 사이가 되면 인산의

유효도는 증가되는 것이다.

현재까지 시험성적에서 적당량의 석탄회 시용은 토양내 가용성인산이 증가된 결과가 나타났다. 석탄회는 붕소(B), 몰리브덴(Mo), 유황(S)을 함유하고 있으므로 이를 적량 시용시 이들 미량원소와 유황의 일정량을 유지될 수 있다. 그러나 지나치게 과량을 시용시에는 경작지 토양중 이들 원소의 과량으로 인한 작물생육의 해가 나타날 수도 있다. 붕소는 우리나라 화강편마암 토양에서 결핍증이 나타나기 쉬우므로 석탄회의 적량 시용으로 붕소결핍을 막을 수가 있으며 따라서 함붕소 복합비료를 제조할 필요가 없는 것이다.

<석 고>

석고($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)는 구성물질로 보아 석회와 황 공급원료로서 석회 및 황이 부족한 농경지에 시용할 수 있겠으나, 황산기의 함량이 과다하여 pH가 3.0-4.0 정도로서 우리나라 일반 농경지에는 pH 관계로 시용할 수 없으나 pH가 높은 간척지 토양개량재로는 그 효과가 크다. 이는 간척지토양의 Na교질을 Ca교질로 치환시켜 증과동시에 SO_4^{2-} 기에 의하여 알카리가 완화되므로 토양개량에 의한 작물재배가 가능하게 되는 것이다.

<패 각>

남해안의 굴양식으로 생성되는 패각은 CaO가 48%로서 옛부터 석회원료로서 토양개량재로 이용되어 왔다. 패각은 석회공급원으로 좋으나 그 효과는 패각의 분말도에 영향을 많이 받으므로 미세하게 분말을 하여야 만 산성토양의 중화효과가 있다.

제 3절 시험장소 및 시험작물

1. 시험장소

작 물 명	재 배 장 소	시험년도
1. 봄 시설배추	밀양시 하남읍 맥내리 박용태 포장	1995
2. 가을 노지배추	진주시 대곡면 단목리 경상대 포장	1995
3. 개량재 잔효 봄배추재배	" "	1996
4. 단감 재배(1)	사천시 정동면 예수리 박명문 포장	1995
5. 개량재 잔효 단감재배	" "	1996
6. 단감 재배(2)	진주시 가좌동 유병석 포장	1996
7. 마늘 재배(1)	사천시 정동면 동계리 박정태 포장	1995
8. 마늘 재배(2)	진주시 초전동 경남농촌진흥원 포장	1996
9. 밤 재배(1)	하동군 적량면 동사부락 김한철 포장	1995
10. 개량재 잔효 밤 재배	" "	1996
11. 밤 재배(2)	하동군 양보면 감당리 배상근 포장	1995
12. 개량재 잔효 밤재배	" "	1996

2. 시험작물

- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1) 봄 시설배추 | 10) 개량재 잔효 밤재배(1) |
| 2) 가을노지배추 | 11) 밤(2) |
| 3) 개량재 잔효 배추시험 | 12) 개량재 잔효 밤재배(2) |
| 4) 마늘(1) | |
| 5) 마늘(2) | |
| 6) 단감(1) | |
| 7) 개량재 잔효 단감재배(1) | |
| 8) 단감(2) | |
| 9) 밤(1) | |

제 2장 배추에 관한 연구

제 1절 서설

과거에는 배추가 봄가을 재배작물이었으나, 이제는 시설재배등에 의하여 년 중 생산되고 있으며, 재배면적도 전국 50,000ha 이상 재배되고 있으며 재배 지역도 다양하나 주로 하천연안의 충적지의 사질토양에 많이 재배되고 있다. 본 개량제에 의한 배추 시험은 경남 밀양군 하남읍 식양질계 시설봄배추와 남강유역의 사질계 가을노지 배추를 대상으로 하여 연구하였다.

제 2절 연구방법

1. 봄 시설배추

표 2-1. 공시토양 분석 성적.

성분 처리	pH		O.M	Av.P ₂ O ₅	Ex-Cation(me/100g)			Fe	Mn	Zn	B	Texture
	H ₂ O	N-KCl	(%)	(ppm)	K	Ca	Mg	(-----ppm-----)				
표 토	5.2	4.6	3.8	87.9	1.11	2.40	1.35	166.8	20.3	1.66	0.50	C.L
심 토	5.0	4.9	2.7	66.0	0.56	2.60	1.49	202.6	21.2	4.82	0.38	C.L

◦ 경종 및 토양조건

- ① 시험지 : 경남 밀양시 하남면 맥내리
- ② 포장주 : 박 용 태
- ③ 품 종 : 흥농황색배추
- ④ 개량재 처리일 : 1995. 2. 14
- ⑤ 재배방법 : 하우스 봄배추의 농가관행
- ⑥ 정식일 : 1995. 2. 27
- ⑦ 300평당 주수 : 3,000
- ⑧ 수확일 : 1995. 5. 2

• 개량재 처리

① 무처리

② 패각 (400kg/10a)

③ 석탄회 (8,000kg/10a)

④ 석탄회 70%(5,600kg/10a) + 석고 30%(2,400kg/10a)

⑤ 석탄회 50%(4,000kg/10a) + 석고 30%(2,400kg/10a) + 패각
20%(80kg/10a)

• 처리수 : 5개처리

• 반복수 : 3반복

2. 가을노지배추

표 2-2. 공시토양 분석 성적.

성분 처리	pH		O.M	Av.P ₂ O ₅	Ex-Cation(me/100g)			Fe	Mn	Zn	B	Texture
	H ₂ O	N-KCl	(%)	(ppm)	K	Ca	Mg	(-----ppm-----)				
표 토	5.14	4.30	0.39	87.9	0.14	2.5	0.6	138.5	3.12	0.96	0.20	S.L
심 토	5.65	4.93	0.71	66.0	0.17	3.4	0.7	142.2	4.32	1.36	0.28	S.L

• 시험지 : 경남 진주시 대곡면 단목리

• 품 종 : 신가락 배추

• 개량재 처리 및 처리량

① 무처리

② 패각 (400kg/10a)

③ 석탄회 (8,000kg/10a)

④ 석탄회 70%(5,600kg/10a) + 석고 30%(2,400kg/10a)

⑤ 석탄회 50%(4,000kg/10a) + 석고 30%(2,400kg/10a) + 패각
20%(80kg/10a)

• 개량재 처리일 : 1995. 8. 24

• 이식일 : 1995. 9. 4

- 300평당 주수 : 3,000주
- 수확일 : 1995. 11. 17
- 재배방법 : 일반농가관행
- 3요소 시비량

(Kg/10a)		
비료명	기비	추비
N	11	20
P ₂ O ₅	17	-
K ₂ O	15	12

3. 개량재 잔효 배추시험

표 2-3. 공시토양 분석 성적(표토).

성분	pH		O.M	Av.P ₂ O ₅	Ex-Cation(me/100g)			Fe	Mn	Zn	B
	H ₂ O	N-KCl			(%)	(ppm)	K				
처리	(-----ppm-----)										
무처리	5.4	4.5	0.70	159.4	0.18	3.23	0.36	240.2	88.6	6.70	0.25
패각	6.2	5.3	0.70	188.2	0.31	13.5	0.38	225.6	61.0	7.42	0.29
석탄회	6.4	5.5	1.03	192.4	0.36	15.2	0.43	262.6	79.9	6.48	0.63
석탄회,석고	5.7	4.8	1.61	247.4	0.37	29.8	0.39	187.2	53.5	5.66	0.60
석탄회,석고,패각	6.0	5.0	1.74	266.6	0.34	24.3	0.41	177.7	43.7	6.80	0.69

표 2-4. 공시토양 분석 성적(심토).

성분	pH		O.M	Av.P ₂ O ₅	Ex-Cation(me/100g)			Fe	Mn	Zn	B
	H ₂ O	N-KCl			(%)	(ppm)	K				
처리	(-----ppm-----)										
무처리	4.9	4.0	0.45	138.5	0.12	2.35	0.25	182.1	50.7	8.28	0.22
패각	5.3	4.3	0.83	150.2	0.15	6.85	0.29	176.9	47.1	3.72	0.23
석탄회	6.8	5.3	1.24	163.2	0.33	8.70	0.44	119.4	23.9	3.56	0.38
석탄회,석고	6.2	5.2	0.95	190.7	0.28	9.62	0.56	145.7	50.7	3.46	0.40
석탄회,석고,패각	6.4	5.4	0.83	194.0	0.33	9.33	0.45	114.7	31.6	1.60	0.62

- 시험장소 : 진주시 대곡면 단목리
- 시험처리 : 가을배추 처리의 잔효
- 품 종 : 고랭지 봄배추
- 이식일 : 1996. 4. 20
- 수확일 : 1996. 6. 21
- 재배방법 : 일반관행재배
- 3요소 시비량

비 료 명	(Kg/10a)	
	기 비	추 비
N	11	7
P ₂ O ₅	17	-
K ₂ O	15	4

제 3절 연구결과

1. 봄시설배추의 생육

가. 토양조사결과

경남 밀양시 하남읍 맥내리의 봄시설배추단지의 토양은 식양토로서 산성이 강하며 토양중 염기함량도 일반토양에 비하여 낮은 편이고 미량원소인 붕소 함량도 0.5ppm으로서 겨우 적정한계의 함량인 반면 유효인산함량은 다소 높은 편이다. 배추재배 기간중 토양내 무기성분 함량변화는 다음 그림과 같다.

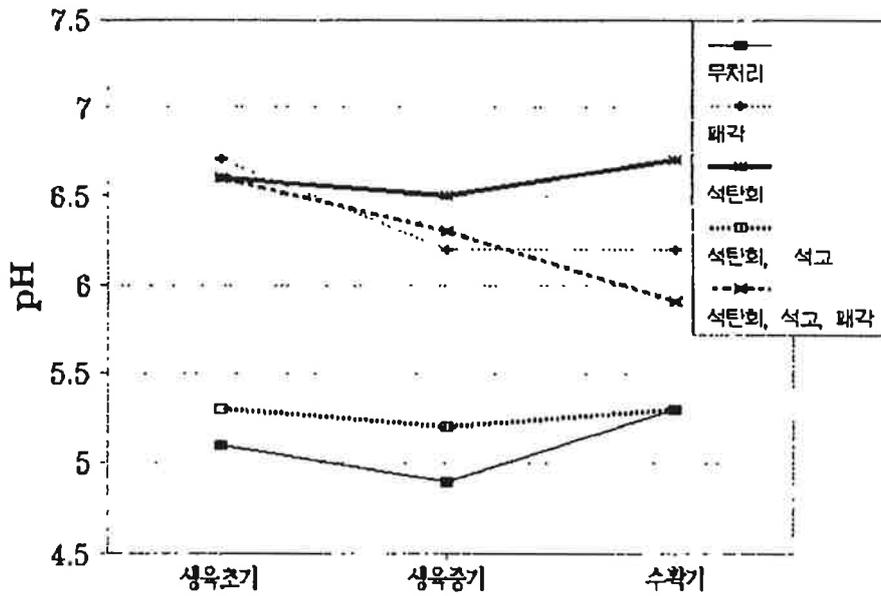


그림 2-1. 개량재 처리에 의한 생육시기별 pH의 변화.

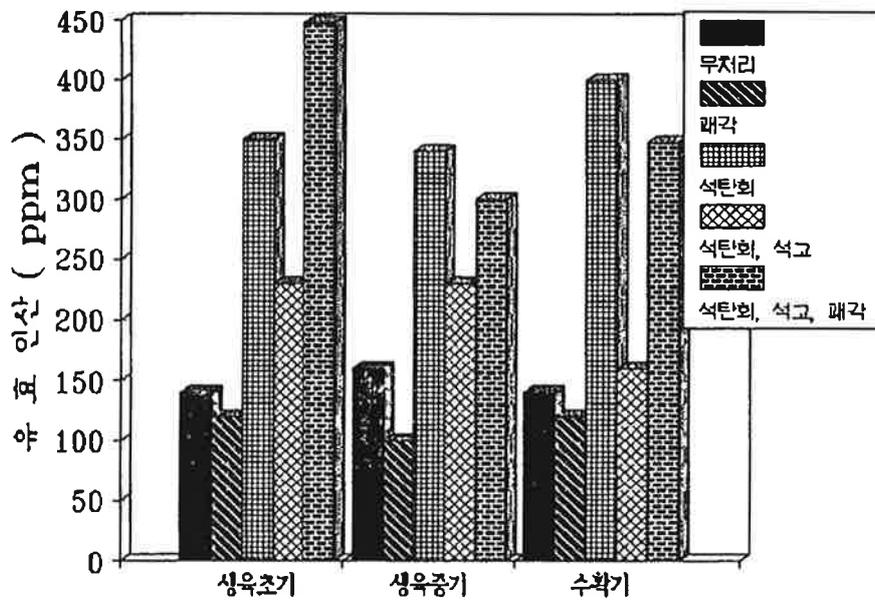


그림 2-2. 개량재 처리에 의한 생육시기별 유효인산 변화량.

그림 2-1에서와 같이 패각, 석탄회, 석탄회+석고+패각 시용구에서는 무처리에 비하여 pH가 현저히 증가되었고 석탄회+석고 시용구에서는 무처리에 비하여 pH가 약간 증가된 것은 석고의 황산근에 의하여 pH가 낮아졌기 때문이며 석탄회+석고+패각의 3개 개량재를 혼합시용한 처리구는 생육후기로 갈수록 pH가 낮아지는 이유는 역시 석고의 황산기 용출관계 때문인 것으로 생각된다.

그림 2-2의 토양내 유효인산함량의 변화는 석탄회와 석탄회+석고+패각 시용구에서 높게 나타났는데 그 이유는 토양의 pH가 7.0에 가까워질수록 철 및 알루미늄과 결합한 인산의 함량이 가용화로 변하기 때문이며 패각시용에 의한 가용성인산 함량감소는 과량의 석회에 의해 인산이 불용성으로 변하기 때문이다. 따라서 적당량의 석탄회는 토양에 축적되어 있는 인산을 작물생육에 필요한 가용성 인산으로 변화시키는 작용을 한다고 보겠다.

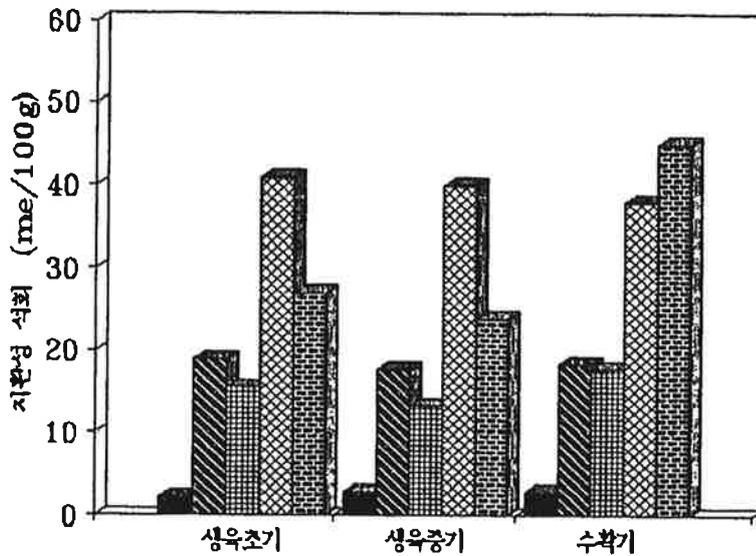


그림 2-3. 개량재 처리에 의한 생육시기별 치환성 석회의 변화량.

그림 2-3은 개량재처리로 토양내 석회함량 변화로 시험포장에서는 석회함량이 부족하나 개량재 시용으로 토양내 치환성 석회함량이 현저히 증가되었다. 석탄회와 석고를 같이 시용한 구에서 높은 수치는 석고에 석회함량이 많기 때문이며 일반적으로 작물생육에는 5~7me/100g함량이 적당하겠으나 우리나라 토양은 대체로 석회부족한 경작지가 많다.

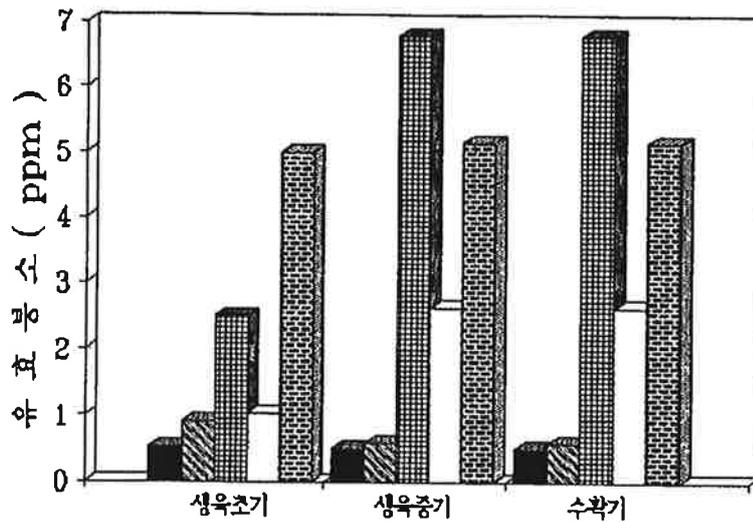


그림 2-4. 개량재 처리에 의한 생육시기별 유효 붕소의 변화량

그림 2-4는 미량요소중 작물생육에 영향을 많이 주는 붕소함량으로 건전도 양에서는 0.8~2.0ppm이 적당하나 석탄회 시용으로 다소과량의 붕소함량을 보였다. 배추는 붕소를 다소 많이 요구하는 작물이므로 본 시험에서는 붕소과량 피해는 나타나지 않았다. 우리나라는 대체로 붕소결핍 농경지가 많으므로 석탄회 시용으로 토양내 붕소공급은 의의가 있다고 생각된다.

표 2-5. 시기별 토양무기성분(표토).

처리	성분 월일	pH	O.M	K	Mg	Fe	Mn	Zn
		(N-KCl)	(%)	(me/100g)		(-----ppm-----)		
무처리	3.25	4.4	3.9	0.64	1.00	423.1	30.5	4.91
	4.17	4.3	2.4	0.63	1.30	591.2	66.5	5.24
	5.2	4.3	2.5	0.72	1.37	398.5	46.9	5.24
패각	3.25	6.1	3.9	0.78	4.10	225.4	21.7	3.99
	4.17	5.8	2.5	0.76	4.21	519.3	42.5	4.23
	5.2	4.5	2.8	0.78	4.51	295.4	42.5	4.23
석탄회	3.25	6.0	4.6	0.92	5.31	208.8	23.2	4.33
	4.17	6.0	3.9	0.88	3.48	209.5	41.6	3.40
	5.2	6.0	3.8	0.92	3.52	198.6	41.6	3.40
석탄회+석고	3.25	4.3	4.6	0.88	4.51	270.5	29.3	5.57
	4.17	4.9	3.2	0.69	3.70	381.2	48.6	4.75
	5.2	4.4	3.2	0.78	4.92	365.7	48.6	4.75
석탄회+석고 +패각	3.25	5.9	4.9	0.73	6.11	196.5	19.7	3.98
	4.17	5.9	3.4	0.72	4.54	217.6	40.8	3.99
	5.2	6.1	3.4	0.87	3.85	192.6	40.8	3.99

표 2-5에서와 같이 개량재 시용으로 N-KCl pH도 증가되었으나 석탄회와 석고시용구에서는 활산성의 pH와 같이 낮은 수치를 나타내었다. 개량재중 석탄회 시용이 치환성 칼리, 마그네시움 함량도 증가되었으며 철분과 망간의 함량은 감소되었다. 따라서 석탄회 시용으로 칼리질 비료의 질비와 마그네시움 함량 증가로 토양내 염기함량의 비가 조절될 것으로 생각된다.

표 2-6. 시기별 토양 무기성분함량(심토).

성분 월일	pH (H ₂ O)		Av.P ₂ O ₅ (ppm)		Ex.Cation(me/100g)						B (ppm)			
	K	Ca	Mg	4.17	5.2	4.17	5.2	4.17	5.2	4.17	5.2	4.17	5.2	
처리	4.17	5.2	4.17	5.2	4.17	5.2	4.17	5.2	4.17	5.2	4.17	5.2	4.17	5.2
무처리	5.1	5.1	97.3	110.3	0.37	0.43	1.60	1.75	1.10	1.18	0.64	0.69		
패각	5.4	5.5	88.5	132.4	0.49	0.58	10.6	13.5	3.78	3.83	0.88	0.92		
석탄회	5.8	6.2	302.8	312.8	0.66	0.69	7.92	10.4	3.39	3.45	1.89	1.93		
석탄회,석고	5.5	5.5	210.3	215.7	0.59	0.62	29.2	33.3	4.21	4.48	1.86	1.89		
석탄회,석고,패각	6.1	6.1	339.1	289.5	0.68	0.75	16.9	25.2	3.48	3.56	2.95	3.45		

표 2-6은 개량재 시용에 의한 심토의 성분 분석치로 표토와 같이 pH는 증가 되었으나 그 증가폭은 낮으며 인산, 석회 및 붕소함량은 표토와 같은 비례로 증가되었다.

나. 처리에 따른 미생물 생육조사

표 2-7. 처리에 따른 미생물상의 변화($\times 10^4$ C.F.U/gsoil).

처리	무처리	패각	석탄회	석탄회·석고	석탄회·석고·패각
세균	2,040	2,540	3,260	2,110	3,040
방사상균	1,120	2,190	4,140	2,770	3,330
사상균	33	50	45	530	970
계	3,193	4,780	7,445	5,410	7,340

표 2-7은 토양미생물의 분포상태로서 석탄회 시용으로 방사균과 세균이 증가 되었으며 일반적으로 연작에 의한 시설원예작물의 병발생은 사상균에 의하여 피해를 받는 곳이 많으므로 석탄회 시용으로 세균, 방사균의 수의 증가는 연작에 의한 병원균 발생과 관계가 있지 않나 생각된다.

표 2-8. 개량재 처리에 의한 시기별 생육조사결과. (단위:cm)

월 일 처 리	3. 25일		4. 17일		5. 2일	
	구 고	구 폭	구 고	구 폭	구 고	구 폭
무처리	33.8	22.5	35.5	27.5	41.3	31.7
패각	34.3	25.0	35.8	28.2	41.6	33.0
석탄회	34.0	24.7	36.2	27.7	41.0	28.9
석탄회,석고	32.7	23.5	36.0	27.0	41.6	32.3
석탄회,석고,패각	33.2	22.8	35.8	27.5	43.4	32.2

(10주 평균)

하우스에 이식후 배추의 생육상태는 표 2-8과 같으며 이식 24일째(3. 25)의 구고는 뚜렷하지 않으나 구폭은 패각 처리구와 석탄회 처리구가 약간 높은 수치이며 47일째(4. 17)는 배추의 둘레가 무처리에 비하여 개량재 처리구가 높은 수치였으나 수확기에는 외엽이 처지므로써 석탄회+석고+패각을 혼용 시 용구 이외에는 비슷한 경향을 나타내었다.

다. 식물체 조사

생육시기별 배추의 무기성분 함량은 표 2-9과 같으며 패각을 제외한 개량재 처리에 의한 질소함량은 생육후기로 갈수록 무처리에 비하여 함량이 높은수치를 나타내었고 생육초기에서 패각과 석탄회의 질소함량이 약간 낮은 것은 알카리의 영향이 아닌가 생각된다. 인산은 개량재 처리에 의한 토양내 인산 함량은 대단히 증가되었으나 배추의 인산 흡수량은 뚜렷하지 않다. 이는 토양내 인산 부족현상이 아닌 것으로 표현되며 개량재 처리로서 배추생육 후기에 인산의 함량이 높은 것으로 나타났다.

표 2-9. 개량재 처리에 의한 시기별 식물체 무기성분.

성분 처리	월 일	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B
		(-----%-----)					(-----ppm-----)			
무처리	3. 25	3.92	0.51	4.24	2.94	0.26	1,214	23.6	17.2	42.8
	4. 17	3.21	0.72	3.87	1.20	0.40	1,206	25.4	18.6	43.2
	5. 2	2.81	0.75	2.76	0.80	0.37	1,220	27.9	33.1	49.8
패각	3. 25	3.74	0.50	3.88	2.56	0.31	1,036	20.3	14.6	52.7
	4. 17	3.65	0.73	3.86	1.23	0.43	1,436	28.9	19.7	48.6
	5. 2	3.17	0.84	4.57	1.29	0.55	2,427	27.9	33.1	49.8
석탄회	3. 25	3.82	0.54	4.66	3.34	0.33	1,114	18.7	15.9	62.5
	4. 17	3.76	0.83	4.01	1.34	0.52	2,647	36.7	21.3	55.4
	5. 2	3.32	0.93	3.25	1.31	0.68	3,754	61.8	41.6	66.1
석탄회 석 고	3. 25	3.98	0.58	4.88	3.37	0.36	1,583	26.5	23.6	68.1
	4. 17	3.66	0.75	3.93	1.26	0.49	1,786	29.5	19.2	52.3
	5. 2	2.92	0.80	3.17	1.03	0.39	2,544	37.8	37.5	54.6
석탄회 석 고 패 각	3. 25	3.99	0.60	5.08	3.31	0.35	1,456	24.3	22.4	68.4
	4. 17	3.57	0.77	3.91	1.24	0.52	1,841	30.6	19.6	53.7
	5. 2	3.14	0.84	3.18	1.38	0.68	2,670	44.1	33.5	56.0

일반적으로 배추의 무기성분 함량은 N:2.5~3.9%, P:0.2~ 0.4%, K:1.8~2.8%, Ca:1.5~3.0, Mg:0.4~0.5%, B:20~50ppm으로서 여기에 비하면 N는 비슷한 범위이나 P의 함량은 높게 나타나고 있다. K의 함량도 P와 같이 표준함량보다 높게 나타났으며 Ca는 반대로 낮은 함량을 나타내었으며 Mg함량은 비슷하였고 B함량은 패각처리구는 무처리와 비슷하나 그외 개량재 처리구는 무처리에 비해서 붕소함량이 높았다.

라. 수량조사

표 2-10. 시기별 배추수량 조사결과.

처 리 \ 월 일	3. 25	4. 17	5. 2
무처리	1.91	5.68	13.53(100.0)
패각	1.52	7.31	15.99(118.2)
석탄회	1.74	6.32	16.10(119.0)
석탄회+석고	1.96	6.27	16.35(120.8)
석탄회+석고+패각	2.28	6.12	16.70(123.4)

※3반복 평균치, ():지수

본 시험에서 개량재의 처리와 정식기간이 불과 7일 간격이었기 때문에 이식 초기에는 개량재의 알카리 피해가 나타나 이식 24일째(3. 25)의 수량이 석고를 사용하지 않은 처리에서는 무처리에 비하여 수량이 낮은 수치를 나타내었다.

일반적으로 석회나 알칼리성의 토양개량재는 작물파종 또는 이식전 15일 이상 기간을 두어야 한다. 본 시험은 이식일자 관계로 빨리 이식하여 초기생육이 불량한 것으로 생각된다. 이식 47일(4. 17)과 수확기(5. 2)에는 개량재 처리구가 현저하게 수량이 증가되었다. 본 시험지대는 석회함량이 낮은 수치였기 때문에 배추에 석회결핍증이 나타났으며 (사진참조) 개량재를 처리하지 않은 무처리구의 배추는 섬유질이 발달하고 수확기에 추대가 생겨 상품가치가 좋지 못하였다. 개량재간의 수량은 석탄회+석고+패각을 혼용 사용한 구가 수량증가폭이 23.4%로서 가장 높고, 석탄회 처리구는 19.0%의 증가를 나타내었다.

표 2-11. 처리구별 환원당과 비타민-C함량.

성분 처리	환원당	비타민-C
	(mg/100g)	(mg/100g)
무처리	1.52	82.6
패각	1.53	86.4
석탄회	1.58	90.7
석탄회+석고	1.57	88.7
석탄회+석고+패각	1.58	88.2

배추의 품질을 좌우하는 환원당의 함량은 석탄회 시용에 의해 약간 증가되었으며 비타민-C는 석탄회 시용구에서 함량이 가장 높았다. 석탄회는 석회를 비롯하여 염기의 함량이 다양하게 함유 되어있으며 특히 붕소를 비롯한 미량 요소가 많이 함유되어 있어 채소작물의 품질면에서 좋은 영향을 줄 것으로 생각됨과 동시에 본 시험의 결과도 같은 현상인 것으로 생각된다.

2. 가을노지배추

가. 토양조사결과

진주지역 사양토에서 개량재 처리에 의한 토양의 무기성분 변화 중 pH는 그림 2-5에서와 같이 무처리에 비하여 개량재 처리로서 상승되었으나 밀양 사양토와는 달리 석탄회+석고 시용구도 pH가 증가 된 것은 토성이 사양토이므로 황산근의 용탈이 용이하며 석고의 석회에 의한 pH가 유지된 것으로 생각되며 패각 시용구에서 타 개량재 보다 초기 pH가 낮은 것은 패각의 Ca⁺⁺의 용출이 빠르지 않은 것으로 보며 석탄회에 의한 pH변화는 석회 뿐만 아니라 타 염기도 용출되어 염기포화도가 높아진 결과라고 생각된다.

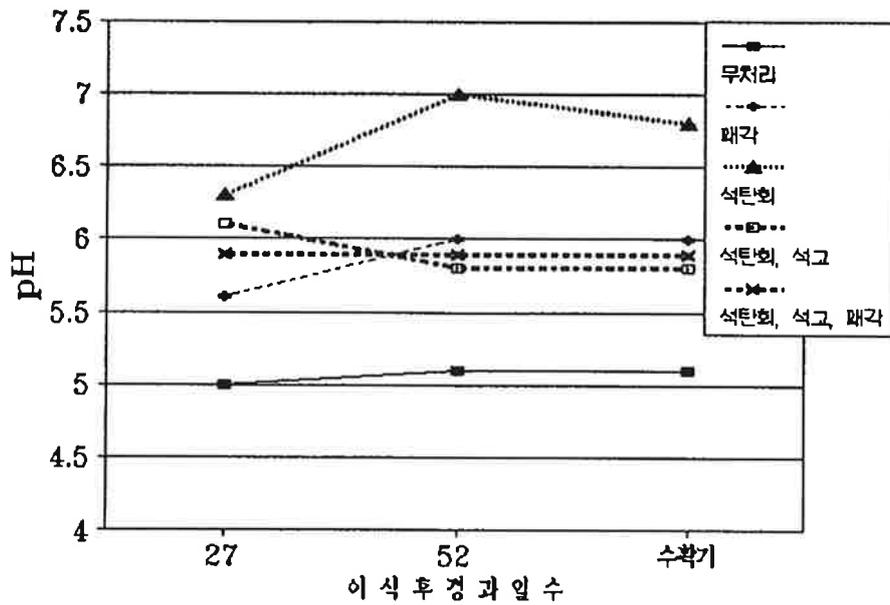


그림 2-5. 개량재 처리에 의한 생육단계별 pH의 변화.

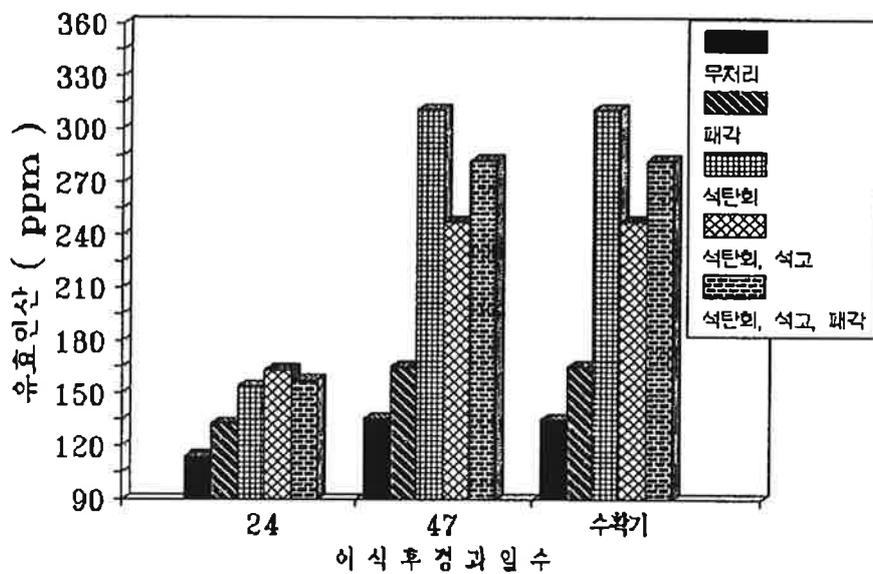


그림 2-6. 이식후 생육단계별 유효인산 함량변화.

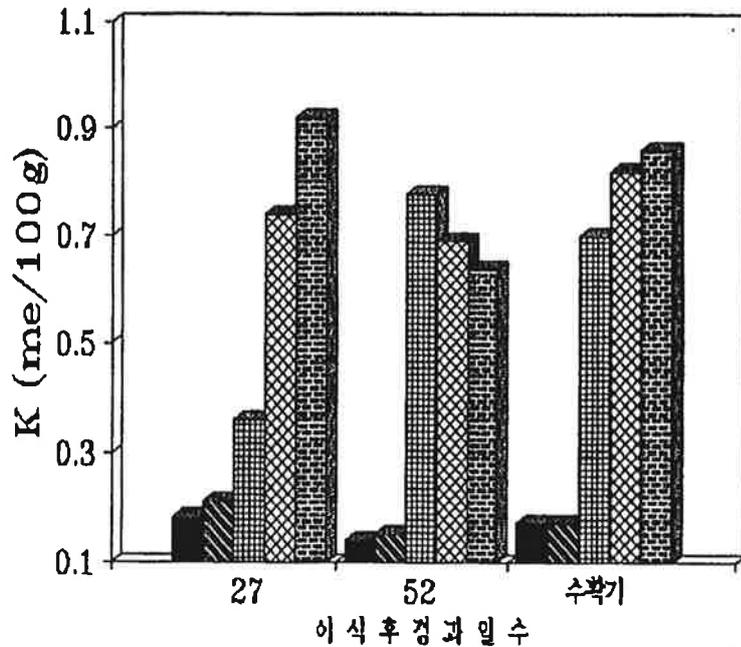


그림 2-7. 이식후 생육단계별 K 함량변화.

개량재 사용에 의한 유효인산 변화는 그림 2-6과 같이 생육초기에는 유효인산의 함량이 낮았으나 배추생육에 부족한 정도는 아니며 이식 47일경에는 같은량의 복합비료를 사용하였어도 석탄회+석고 사용으로 가용성인산이 증가되었으며 특히 석탄회 사용으로 더욱 증가되었다. 이는 석탄회 사용으로 인산의 유효도가 가장 높을수 있는 pH가 조절되었고 패각 사용구가 석탄회 사용구보다 낮은 이유는 석회 단일성분에 의한 pH관계로 불용성 인산석회로 되어 침전가능성이 높기 때문이 아닌가 생각된다. 일반적으로 토양에 유효인산 적정함량은 200ppm 내외로 보며 본 시험에서 석탄회 사용으로 유효인산 함량이 과량으로 나타나므로 석탄회 사용시 저인산 복합비료나 무인산복합비료 사용에도 인산부족이 나타나지 않을 수 있다.

치환성 칼리함량 역시 석탄회+석고 시용으로 생육초기부터 현저히 높았으며 무처리구와 패각시용구에서는 함량이 낮았다. 이런 결과로 보아 패각의 시용은 석회성분이 많이 공급되는 것이며 석탄회는 칼리공급도 대단히 높다고 보며 인산과 같이 석탄회 시용으로 칼리질비료의 절약을 가져올 수 있다.

석회함량은 개량재 시용전체구에서 높으나 특히 석탄회+석고 시용에서 더 높은 수치를 보였는데 이는 석고에 31% 정도 석회가 함유되었기 때문이라 생각된다. 개량재의 석회함량이 높으므로 pH, 유효인산 함량이 증가된 것으로 생각된다.

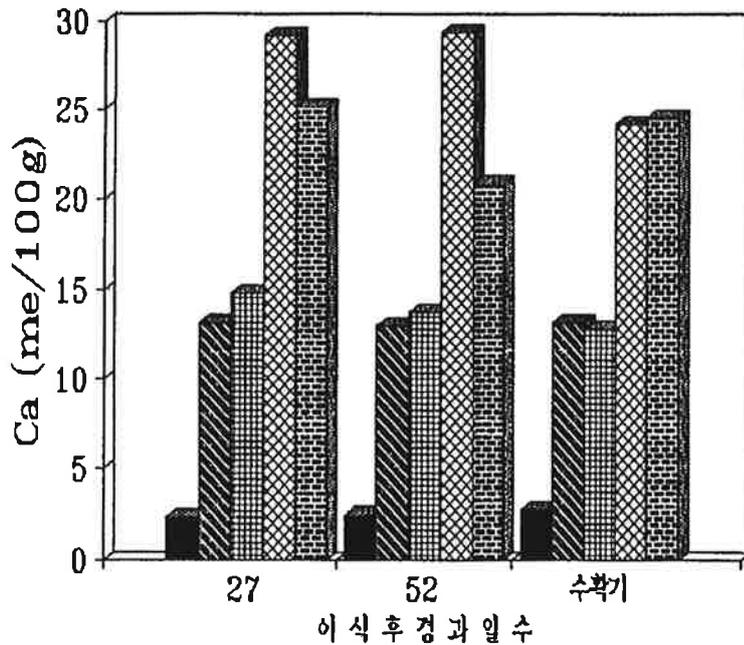


그림 2-8. 이식후 생육단계별 Ca함량변화.

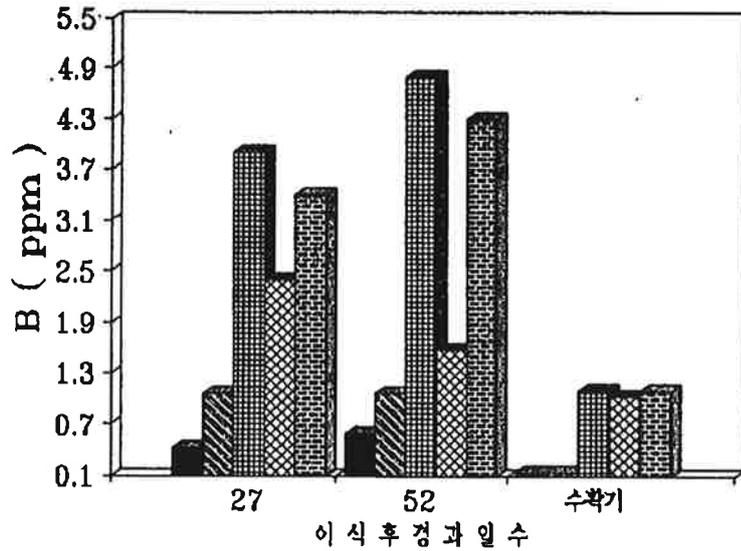


그림 2-9. 이식후 생육단계별 유효붕소 함량변화.

석탄회 시용에 의한 작물생육의 효과는 토양내 염기함량의 증가도 중요한 요인이겠으나 그기에 못지 않게 우리나라 토양에 부족하기 쉬운 수용성 붕소 함량이다. 그림 2-9에서와 같이 석탄회 시용으로 붕소의 효과가 현저하며 석탄회를 사용하지 않아 한 무처리와 패각 시용구에서는 붕소결핍증이 현저하게 나타났다(사진참조).

석탄회 시용과 동시에 토양내 붕소함량은 현저히 증가되어 배추이식 52일째는 석탄회 단독 시용구에서 4.8ppm 까지 상승하여 붕소과잉의 해가 나타날 수 있는 5.0ppm에 육박하였다. 그러나 수확기 토양에서는 현저히 낮아져 사질계 토양의 붕소용탈이 심하다는 것을 보여주고 있다. 일반적으로 토양의 붕소적정함량은 0.8~2.0ppm로 보고 있다. 따라서 0.5ppm 이하는 붕소결핍이 나타날 가능성이 있고 5.00ppm 이상에서 과잉의 증상이 나타날 수 있으나 이는 작물의 종류에 따라 반응이 차이가 있다.

표 2-12. 시기별 토양 무기성분함량(표토).

처 리	성 분 경과일수	pH (N-KCl)	O.M (%)	Mg (me/100g)	Fe	Mn	Zn
					(-ppm-)		
무처리	27	4.2	0.71	0.80	140.2	16.2	1.52
	52	4.3	0.71	0.40	139.5	19.2	0.96
	수확기	4.2	0.68	0.60	142.2	5.84	1.84
패각	27	4.9	1.03	0.90	136.8	10.1	1.44
	52	5.3	0.71	0.50	132.4	17.8	0.96
	수확기	5.3	0.69	0.40	135.1	5.52	0.96
석탄회	27	5.3	1.75	1.03	98.2	8.0	2.10
	52	6.6	1.70	0.50	82.2	15.2	1.12
	수확기	6.3	1.67	0.50	93.5	7.00	1.44
석탄회+석고	27	5.2	1.29	1.70	103.4	9.2	2.16
	52	5.3	0.84	0.50	115.5	18.8	1.52
	수확기	5.3	0.77	0.10	112.2	7.60	1.28
석탄회+석고+패각	27	5.0	1.49	2.82	115.6	10.2	1.44
	52	5.4	1.23	0.70	110.0	11.4	1.12
	수확기	5.3	1.20	1.00	105.5	5.84	1.36

표 2-12에서와 같이 N-KCl pH가 개량재 무처리와 개량재 처리구에서도 생육 초기는 낮으나 생육후기로 갈수록 개량재 처리는 석회의 용출로 pH가 높아졌다. 석탄회 처리에 의한 유기물함량이 약간 높은 것은 석탄회중 탄소의 함량에 기인된 것이다. 개량재 처리에 치환성 마그네슘 함량이 증가된 경향이고 철과 망간은 감소된 경향이다. 아연의 함량이 약간 증가된 경향은 석탄회에 아연의 함량인 것으로 생각된다. 일반적으로 pH가 상승하면 중금속의 가용화가 감소되는 것이다. 심토의 무기성분 함량은 표토와 같은 경향이나 그 함량범위는 낮은편이다.

표 2-13. 시기별 토양 무기성분함량(심토).

성분 처리 경과일수	pH	A.v P ₂ O ₅ (ppm)	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	
			(---me/100g---)			(-----ppm-----)				
무 처리	52	5.0	62.3	0.12	2.2	0.3	147.8	13.8	1.60	0.80
	수확기	5.0	95.3	0.12	2.2	0.3	147.0	5.04	1.28	0.14
패 각	52	5.5	87.9	0.13	2.6	0.5	137.2	18.9	1.04	1.56
	수확기	5.4	136.2	0.13	2.6	0.5	142.6	5.12	1.12	0.24
석 탄 회	52	6.3	103.5	0.28	2.8	0.5	98.0	16.0	0.64	2.80
	수확기	6.2	282.1	0.28	2.8	0.5	93.0	2.90	1.12	1.12
석 탄 회 석 고	52	5.6	112.5	0.18	4.8	0.7	121.1	16.4	1.04	1.20
	수확기	5.5	175.9	0.18	4.8	0.7	123.3	3.30	1.16	0.70
석 탄 회 석 고 패 각	52	5.3	164.9	0.32	5.4	0.7	132.4	14.8	1.20	2.60
	수확기	5.3	164.9	0.32	5.4	0.7	133.0	5.52	1.28	1.28

나. 미생물 및 생육조사

표 2-14. 처리별 미생물 균수.

미생물 처리	Bacteria	Actinomycetes	Fungi
	(C.F.U × 10 ⁶)	(C.F.U × 10 ⁵)	(C.F.U × 10 ³)
무처리	7.51	6.33	21.7
패각	13.4	9.00	44.6
석탄회	20.6	9.70	47.3
석탄회+석고	24.0	16.0	57.4
석탄회+석고+패각	21.7	13.1	58.0

(3반복 평균치)

표 2-14은 개량재 처리별 미생물 변화이며 개량재 처리로서 미생물의 수가 현저히 증가되었으며 특히 패각 처리는 석탄회 처리에 비하여 낮은 수치이다. 석탄회를 비롯한 석고, 패각이 증가되었다. 미생물 수가 증가된 것은 토양의 미생물적 분해작용이 증가되어 식물의 흡수 이용할 수 있는 가용성 성분의 함량이 증가 된다고 볼 수 있고 또한 미생물이 분비하는 각종물질에 의하여 식물생육에 영향되는 바도 크다고 볼 수 있다.

표 2-15. 이식후 생육단계별 생육조사.

처 리	이식후 27일후			이식후 52일째			수확기		
	구고	구폭	둘레	구고	구폭	둘레	구고	구폭	둘레
	(-----cm-----)								
무처리	28.8	22.1	70.0	29.3	24.6	84.5	29.8	29.7	84.5
패각	26.3	23.4	67.4	30.7	27.4	94.5	32.2	28.5	94.8
석탄회	33.2	23.9	74.8	36.8	29.7	98.0	36.0	37.2	98.6
석탄회+석고	32.3	21.7	72.2	37.1	30.0	108.5	37.0	39.6	109.6
석탄회+석고+패각	31.9	22.4	64.1	36.9	31.0	94.8	40.3	45.4	115.7

(3반복 평균치)

생육단계별 배추의 생육상태는 밀양의 식양토와는 달리 배추의 구고, 구폭, 둘레가 석탄회 시용으로 생육상태가 좋으나 초기생육에서 패각 시용구는 생육이 무처리에 비하여 떨어지는 점은 역시 알칼리 해작용이라고 생각된다. 그러나 생육중기 이후는 생육이 회복되어 무처리에 비하여 생육상태가 좋은 경향이다. 수확기에 무처리에 비하여 석탄회, 석탄회+석고, 석탄회+석고+패각 시용구가 현저히 좋은 결과가 나타났다.

다. 수량조사

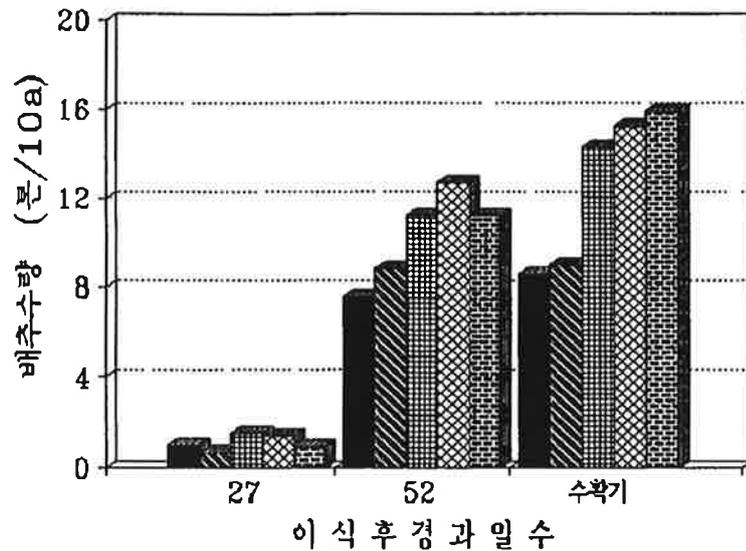


그림 2-10. 이식후 생육단계별 수량조사결과.

개량재 처리별 수량조사는 그림 2-10와 같으며 생육초기부터 석탄회 사용으로 수량이 증가되었으나 패각은 무처리에 비하여 낮았다. 그러나 생육중기 이후로 패각, 석탄회, 석고의 개량재 효과가 뚜렷하며 수확기에 석탄회 사용이 64.4%, 석탄회+석고 사용은 75.0%, 석탄회+석고+패각 3가지 사용구가 82.6%의 증수를 나타내었다. 이러한 수량차이는 개량재 사용으로 배추의 무기성분 흡수량과 토양의 이화학적 성질 변화 때문이다.

표 2-16. 생육단계별 식물체 무기성분함량.

성 분 처 리	시료 채취일자	T-N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B
		(%)					(ppm)			
무처리	9. 29	3.49	0.43	4.42	2.62	0.30	344.8	147.0	83.4	18
	10. 26	3.37	0.68	3.29	1.11	0.16	214.0	61.0	37.2	14
	수확기	3.01	0.62	3.15	1.19	0.17	241.2	90.6	16.0	14
패각	9. 29	3.35	0.51	3.98	2.95	0.23	300.8	91.2	42.6	16
	10. 26	3.39	0.71	3.70	1.30	0.17	131.8	58.4	23.0	18
	수확기	3.24	0.74	3.83	1.59	0.24	96.8	38.2	13.8	12
석탄회	9. 29	3.37	0.54	5.05	3.38	0.35	203.2	99.8	63.2	40
	10. 26	3.45	0.79	4.22	1.24	0.22	77.8	56.0	15.7	30
	수확기	3.35	0.79	3.78	2.44	0.23	147.6	45.6	18.4	32
석탄회 석 고	9. 29	3.35	0.57	4.44	2.96	0.32	305.2	46.8	22.4	30
	10. 26	3.55	0.66	3.78	1.83	0.20	85.6	61.6	18.3	46
	수확기	3.48	0.68	3.58	3.05	0.19	175.8	48.6	12.2	76
석탄회 석 고 패 각	9. 29	3.47	0.57	4.02	2.81	0.28	379.0	66.4	28.0	20
	10. 26	3.62	0.81	3.93	1.27	0.19	82.3	60.3	17.2	57
	수확기	3.52	0.71	4.38	2.29	0.23	172.2	46.3	19.6	78

생육단계별 배추의 무기성분 함량은 표 2-12와 같다. 개량재 무처리에서는 생육초기에서 후기로 갈수록 질소함량이 감소되었으나 개량재 처리구는 생육초기보다 중기이후는 미미하게 증가된 경향이고 이러한 이유는 개량재에 의한 pH증가로 유기질소의 무기화 촉진에 의한 것으로 생각되며 전체질소 함량도 개량재 시용으로 높은 경향을 나타내었으며 인산의 함량도 개량재 시용구가 높은 수치이나 인산은 전부 생육초기보다 후기로 갈수록 인산의 함량폭이 큰 편이다. 칼리의 함량은 석탄회 시용구가 가장 높은 수치이며 무처리에 비하여 개량재 처리가 생육후기 일수록 높은 수치를 보였다. 석회나 마그네슘은 토양에 함량이 높다하여 많이 흡수하는 성분은 아니나 개량재 무처리구에 비하여 개량재 처리구가 높은 함량은 보였으며 특히나 수확기에서 개량재 처리가 석회, 마그네슘 함량이 높았다.

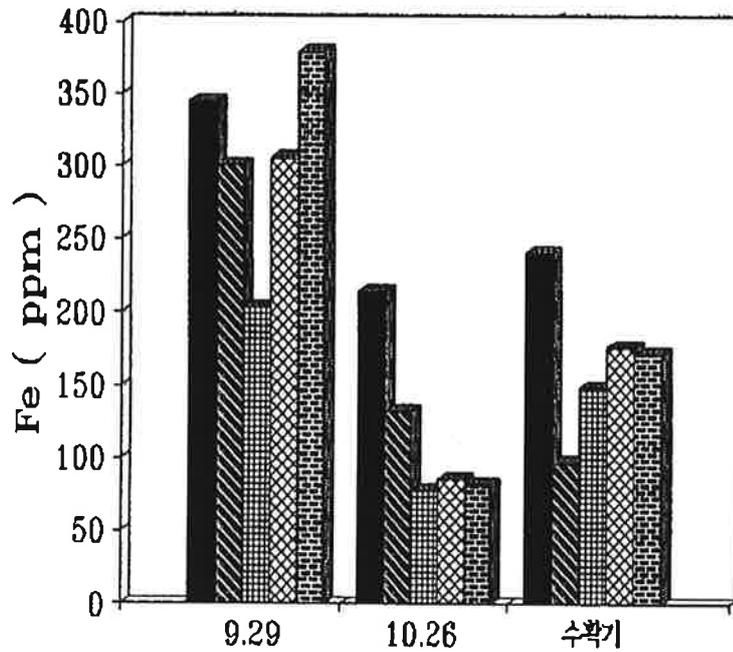


그림 2-11. 생육단계별 Fe함량변화.

생육단계별 배추의 철분 함량은 그림 2-11과 같이 생육초기에는 석탄회를 제외하고는 함량이 비슷하게 높았으나 생육후기로 갈수록 개량재 무처리에서 높고 개량재 시용으로 함량이 낮았다. 이는 pH에 의한 철의 활성도가 낮은 것도 있겠지만 개량재 시용으로 철분이 음이온과 결합한 상태로서 활성철이 감소된 것으로 생각된다.

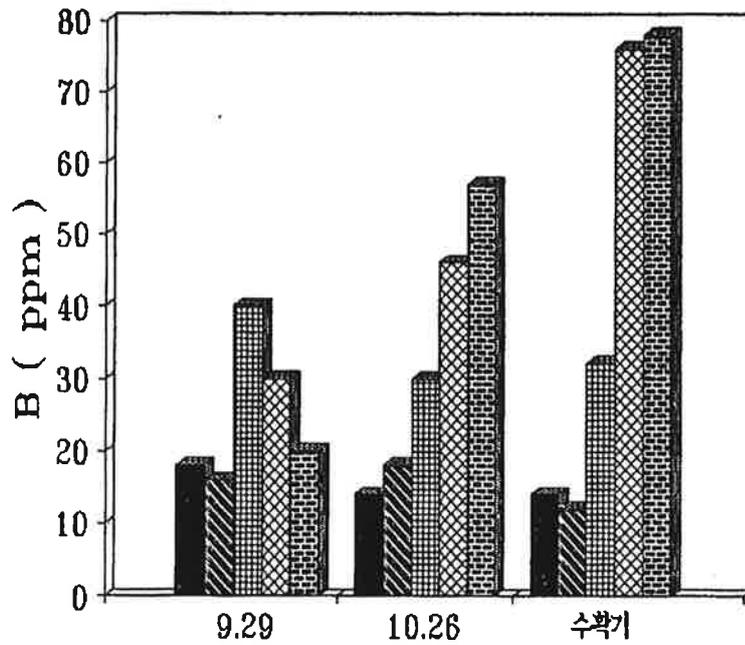


그림 2-12. 생육단계별 붕소함량 조사결과.

붕소함량은 그림 2-12에서와 같이 석탄회 시용으로 생육초기에서 후기로 갈수록 함량이 현저히 높다. 이러한 현상은 석탄회의 붕소함량에 기인한 것으로 생각되며 붕소가 결핍한 우리나라 토양에 채소류의 붕소공급이 석탄회가 절대적으로 영향을 미친다고 보겠다.

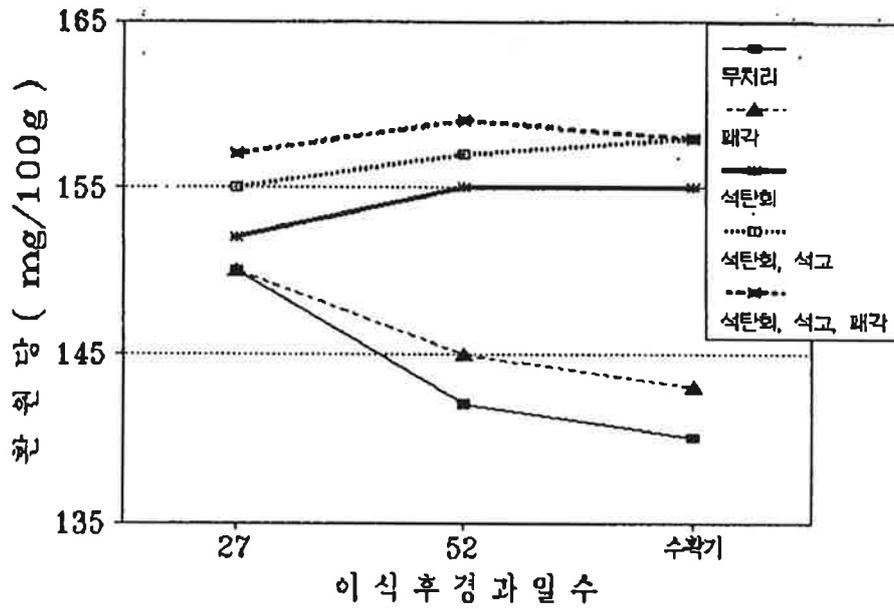


그림 2-13. 생육단계별 환원당 함량변화.

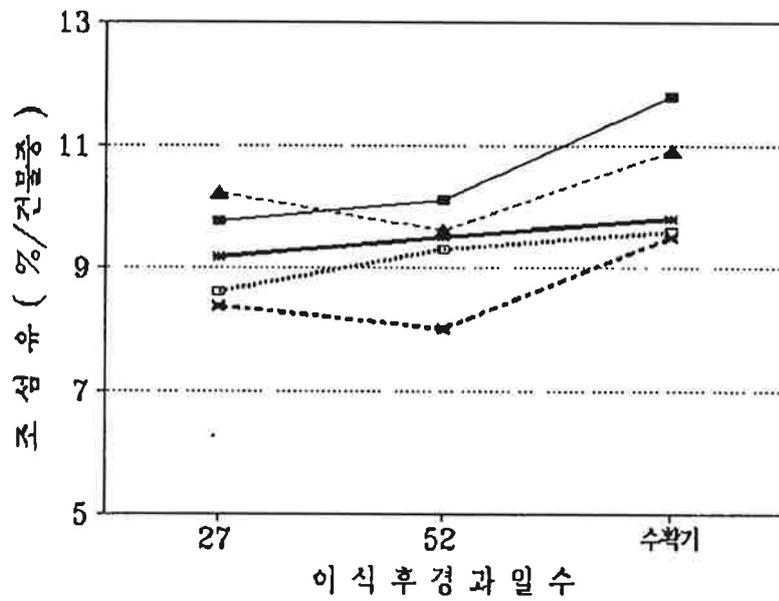


그림 2-14. 생육단계별 조섬유 함량변화.

그림 2-13은 개량재 처리에 의한 환원당 함량으로 무처리와 패각 처리는 생육이 경과됨에 따라 환원당의 함량이 감소하고 석탄회 시용구에서는 환원당이 증가되었다. 이러한 결과는 석탄회 처리로서 배추의 품질이 양호하며 그림 2-14에서는 환원당 함량과 반대로 석탄회 처리로서 배추의 섬유질 함량이 감소하고 패각과 무처리에서는 높은 함량은 환원당함량과 반대현상이다. 섬유질의 함량이 증가할수록 배추의 연한 맛이 낮아 품질은 좋지 못하다고 생각할수 있다.

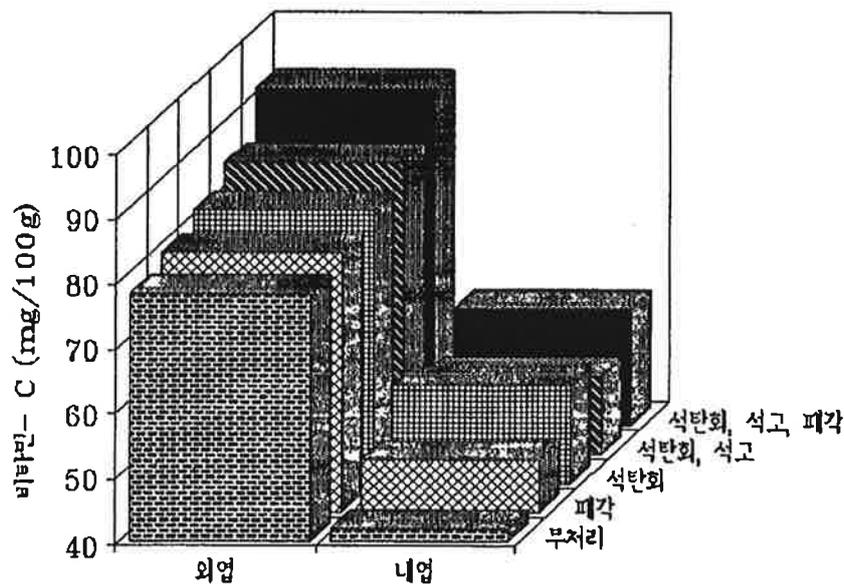


그림 2-15. 생육단계별 비타민 C함량변화.

그림 2-15은 배추의 내엽과 외엽의 비타민 C의 함량으로 개량재 무처리는 함량이 낮고 석탄회+석고+패각의 시용으로 가장 높았다.

3. 배추에 대한 개량재 잔효효과

가. 토양조사결과

95년 가을 개량재 처리에 의한 배추재배를 한후 개량재의 잔효효과를 보기 위하여 봄배추를 이식하였다. 이식하기전 95년도 처리한 개량재별 공시토양의 조건은 표 2-17과 같다.

표 2-17. 산업폐기물 잔효 공시토양.

성분 처리		pH		O.M	A.v P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B
		H ₂ O	N-KCl	(%)	(ppm)	(me/100g)			(-----ppm-----)			
무처리	표토	5.4	4.5	0.70	159.4	0.18	3.23	0.36	240.2	88.6	6.70	0.25
	심토	4.9	4.0	0.45	138.5	0.12	2.35	0.25	182.1	50.7	8.28	0.22
패 각	표토	6.2	5.3	0.70	188.2	0.31	13.5	0.38	225.6	61.0	7.42	0.29
	심토	5.3	4.3	0.83	150.2	0.15	6.85	0.29	176.9	47.1	3.72	0.23
석탄회	표토	6.4	5.5	1.03	192.4	0.36	15.2	0.43	262.6	79.9	6.48	0.63
	심토	6.8	5.3	1.24	163.2	0.33	8.70	0.44	119.4	23.9	3.56	0.38
석탄회 석 고	표토	5.7	4.8	1.61	247.4	0.37	29.8	0.39	187.2	53.5	5.66	0.60
	심토	6.2	5.2	0.95	190.7	0.28	9.62	0.56	145.7	50.7	3.46	0.40
석탄회 석 고 패 각	표토	6.0	5.0	1.74	266.6	0.34	24.3	0.41	177.7	43.7	6.80	0.69
	심토	6.4	5.4	0.83	194.0	0.38	9.33	0.45	114.7	31.6	1.60	0.62

개량재 처리후 가을노지배추를 재배한 후 봄배추를 이식하기전 토양조건으로 패각과 석탄회 처리는 pH 6.0 이상을 유지하였으나 무처리와 석탄회+석고를 처리한 구는 pH가 6.0 이하로 나타났다. 석탄회 처리는 오히려 심토의 pH가 높은 것은 포장이 사질계 토양으로서 미세한 석탄회가 하층으로 이동하였기 때문이라 생각되며 N-KCl pH가 천체구에서 5.50 이하로 나타난 것은 패각과 석탄회의 염기이온의 용출이 토양교질의 포화도에 미급하다는 것을 나타낸 것이라 보겠다. 가용성 인산과 치환성 칼리, 석회 함량은 개량재 처리로서 높은 함량을 유지하며 수용성 붕소도 석탄회 시용구에서는 무처리 0.25ppm에 비하여 0.60 이상의 함량이 유지되어 작물생육에 적정량을 유지하고 있다. 반면에 철분과 망간, 아연은 석탄회 시용으로 함량이 감소되었다.

이식후 32일(4.2)째 토양 표토, 심토 분석치는 표 2-18와 같으며 pH, 유효인산, 치환성칼리, 석회, 붕소함량은 석탄회 처리구는 잔효시험전 토양과 같은 경향이며 패각시용구는 마그네슘과 붕소함량은 석탄회 처리구보다 낮다. 석회는 석탄회와 석고를 같이 시용한 시용구에서는 석회 과포화 상태로 나타나며 그럼에도 석회 시용에서 pH가 6.5, 6.0을 유지하는 것은 황산근 관계로 생각된다. 철분과 망간의 함량은 시험전 토양과 같이 석탄회 처리로서 감소되었으며 아연의 함량은 석탄회 단독 시용구가 4.76ppm의 가장 낮은 수치를 나타내었다. 붕소함량은 시험전 토양과 비슷한 경향이나 석탄회와 석고 시용구 외에는 표토보다 심토에서 높은 함량을 나타내었으며 이러한 이유는 붕소는 수용성이기 때문에 물에 녹아 용탈이 용이하기 때문이며 그러나 반대로 강우가 없어 표면에서 증발이 계속 되던지 시설지에서는 하층에 붕소가 표층에 집적되기도 쉽다는 것을 의미한다.

표 2-18. 이식후 32일째 토양 무기성분(96.4.2).

처리	성분	pH		O.M	A.v	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B
		H ₂ O	N-KCl	(%)	P ₂ O ₅	(me/100g)			(-----ppm-----)			
					(ppm)							
무처리	표토	5.3	4.4	0.87	169.5	0.16	3.05	0.24	276.0	97.8	6.58	0.24
	심토	5.3	4.4	0.83	145.9	0.15	3.25	0.35	286.0	88.4	5.92	0.29
패각	표토	6.4	5.5	1.08	245.2	0.26	11.3	0.24	220.4	40.9	6.44	0.33
	심토	6.0	5.3	1.12	202.0	0.18	6.98	0.48	255.4	67.6	4.98	0.38
석탄회	표토	6.8	6.3	2.19	263.8	0.65	13.7	0.46	135.4	30.6	4.76	0.68
	심토	6.8	6.3	2.07	229.5	0.43	8.25	0.55	169.0	40.9	5.78	0.76
석탄회 석고	표토	6.5	5.5	2.48	387.9	0.38	26.7	0.45	144.1	30.1	5.14	1.51
	심토	6.2	5.4	1.28	222.8	0.32	10.4	0.61	169.0	40.9	5.78	0.76
석탄회 석고 패각	표토	6.0	5.3	1.61	519.4	0.38	25.2	0.39	159.4	42.7	5.81	0.98
	심토	6.0	5.3	1.03	196.8	0.24	13.6	0.63	141.5	43.9	6.62	1.10

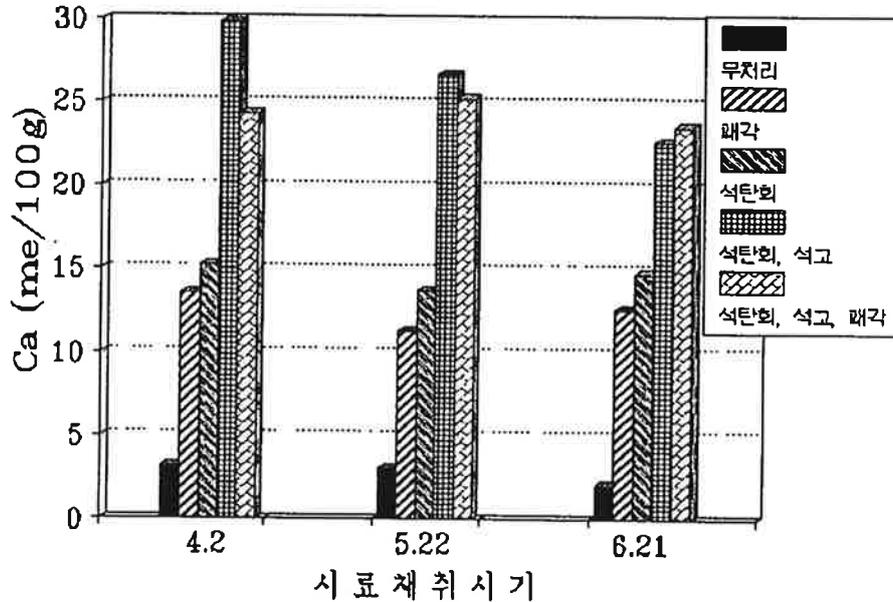


그림 2-16. 생육단계별 Ca함량변화.

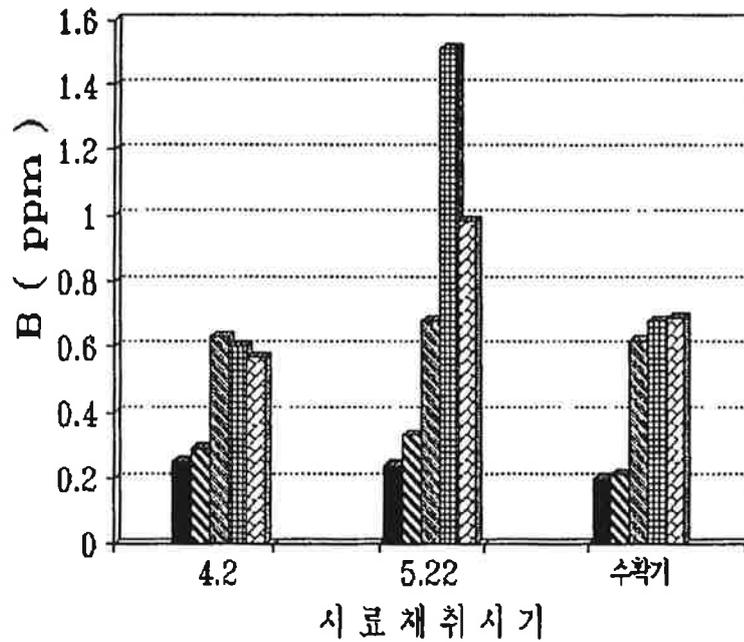


그림 2-17. 생육단계별 B함량변화.

그림 2-16과 그림 2-17은 개량재 처리에 의한 토양중 치환성 석회와 붕소의 함량을 표시한 것으로 치환성 석회는 개량재 처리구가 전체적으로 높으나 석탄회와 석고 시용 처리구가 가장 높았다. 붕소는 패각 처리에서는 뚜렷한 증가가 없으며 석탄회 처리로서 붕소함량이 현저히 증가되었다.

표 2-19. 수확후 토양 무기성분함량.

처리	성분	pH		O.M	A.v	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	
		H ₂ O	N-KCl	(%)	P ₂ O ₅	(me/100g)			(-----ppm-----)				
				(ppm)									
무처리	표토	4.9	4.0	0.45	141.3	0.12	2.02	0.23	328.3	97.5	11.7	0.20	
	심토	5.3	4.4	0.79	144.8	0.14	3.57	0.30	288.9	87.4	6.04	0.28	
패 각	표토	5.3	4.5	1.07	165.5	0.28	12.6	0.31	245.2	77.6	8.56	0.21	
	심토	5.5	4.6	0.98	157.4	0.16	6.82	0.42	265.8	75.6	5.78	0.30	
석탄회	표토	6.4	5.6	2.19	259.6	0.34	14.7	0.38	265.7	78.7	6.63	0.62	
	심토	6.8	5.7	2.56	235.3	0.40	8.96	0.65	148.3	24.7	4.96	0.82	
석탄회 석 고	표토	6.2	5.4	1.99	187.1	0.32	22.6	0.36	169.7	76.9	4.79	0.68	
	심토	6.2	5.1	0.99	227.4	0.33	11.7	0.60	172.6	52.4	6.88	0.82	
석탄회 석 고 패 각	표토	6.8	5.8	1.37	258.3	0.38	23.5	0.33	152.6	65.4	5.46	0.69	
	심토	6.3	5.3	1.36	196.4	0.38	13.6	0.68	137.8	45.1	6.86	1.13	

표 2-19은 6월21일 배추 수확후 토양의 표토 및 심토 분석수치로서 pH는 개량재 무처리와 패각처리구에서는 표토의 pH는 낮은 수치이나 심토는 높은 수치를 나타내었고 석탄회 처리는 그반대로 수확후에도 시험전 토양보다 약간 높은 경향이며 심토는 같은 경향이다. 이러한 현상은 무처리와 패각은 염류가 하층으로 이동하였기 때문이며 석탄회 시용구는 개량재를 많이 시용한 이유도 있겠으나 염류의 용탈이 심하지 않아 하였기 때문이라 생각되며 이러한 이유는 치환성 칼리, 석회에서도 뒷받침 하고 있다.

N-KCl pH는 시험전 토양이나 시험후 토양에서도 pH수치와 차이가 큰 것은 토양교질에는 개량재의 석회성분이 완전히 치환되어 있지 않는 것을 의미하는 것이며 유효인산의 함량은 시험전 토양과 같은경향이나 수용성분소 함량은 배추재배 기간에 하층으로 다소 용탈되어 시험전 토양보다 심토에서 함량이 증가되었다.

사양토에서 석탄회 시용에 의한 염기와 붕소등 석탄회에 함유된 성분이 용이하게 용탈되지 않고 후작물의 재배에도 지속적인 영향을 미친다는 것으로 생각된다. 개량재 시용직 후 가을배추의 개량재 시용 효과보다 그 잔효 봄배추의 개량재 효과가 더 현저하게 나타났다. 계절적인 문제도 있겠으나 사양토에서 석탄회 시용이 하층으로 유실이 그렇게 심하게 나타나지 않은 것으로 생각되며 석탄회의 잔효효과도 어느 기간까지 유효할 것으로 생각된다. 생육중간의 석탄회 효과도 뚜렷하게 났으나 수확기에는 더욱 현저하였다. 수확기에 개량재 무처리는 붕소결핍으로 배추의 상품가치가 전혀 없는 반면 석탄회 처리구는 정상적으로 생육한 배추이상의 수량과 품질이 우수하였다(사진참조). 그림 2-19와 같이 개량재 무처리에 비하여 패각이 289%, 석탄회가 855%, 석탄회+석고가 886%, 석탄회+석고+패각 시용구가 934%의 증수를 가져왔다. 상품적 견지에서 보면 무처리와 패각처리구는 수확을 할 수 없는 상태라고 볼 수 있었다.

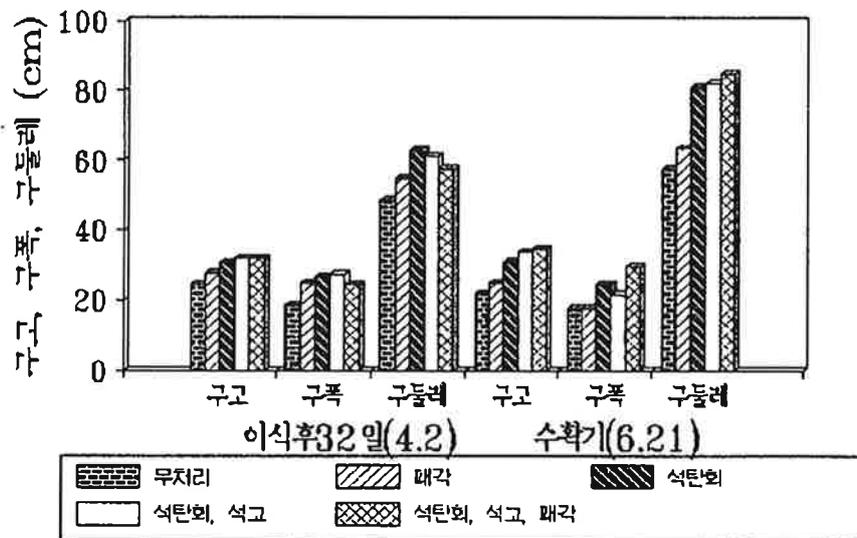


그림 2-18. 생육단계별 생육조사.

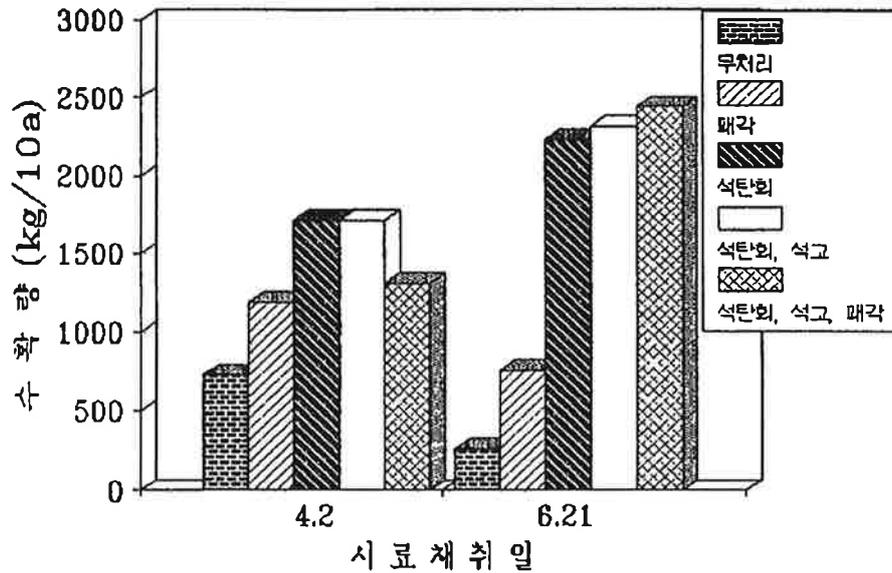


그림 2-19. 이식후 32일과 수확기 수량조사.

나. 배추의 생육중기 및 수확기의 무기성분 및 특수성분

표 2-20. 이식후 32일째 식물체 무기성분함량.

성분	T-N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B
	(-----%-----)					(-----ppm-----)			
무처리	3.53	0.53	2.77	0.93	0.13	433.4	238.4	43.2	14.5
패각	3.52	0.55	2.79	1.01	0.15	165.8	85.6	35.4	14.5
석탄회	3.78	0.78	4.21	2.92	0.22	108.8	42.8	37.0	38.0
석탄회·석고	4.12	0.80	4.13	3.09	0.20	160.6	83.6	38.4	30.0
석탄회·석고·패각	4.15	0.82	4.07	3.70	0.22	252.8	117.8	37.0	43.0

표 2-21. 이식후 32일째 식물체 특수성분함량.

성분 처리	환원당	조섬유	비타민-C
	(mg/100g)	(%/건물중)	(mg/100g)
무처리	1.41	12.0	72.6
패각	1.43	11.5	72.7
석탄회	1.51	10.5	79.4
석탄회+석고	1.52	10.6	76.0
석탄회+석고+패각	1.55	10.4	79.3

표 2-20은 이식 32일째의 무기성분 함량으로 질소는 무처리와 패각은 비슷한 함량이나 석탄회, 석탄회+석고 시용으로 0.3~0.6% 정도 증가되었으며 이는 석탄회 시용으로 미생물의 수가 증가 되었기 때문에 시비질소와 지력질소의 이용율이 높았기 때문이라 생각되며 칼리, 석회, 마그네시움(Mg), 인산함량 역시 석탄회 시용으로 함량이 증가되었다. 이는 석탄회 자체가 이들 성분이 함유되어 토양에 첨가되었기 때문이라 생각되며 칼슘이 주 성분인 패각 시용구가 석탄회 시용구보다 석회함량이 낮은 이유는 석탄회 시용구는 석탄회 여러성분중 특히 칼리 이온이 영향된 바가 있을 것으로 생각하며 패각은 타이온의 영향이 석탄회에 비하여 낮기 때문에 함량이 낮은 것으로 생각된다.

배추에서 질소(N)의 정상함량은 2.5~3.9%이며 본 시험에서 질소함량은 적정선에 해당되며 인산(P)은 0.2~0.4%로서 석탄회 시용구는 다소 과량 함유되었으며 칼리(K)는 1.8~2.8%범의로서 본 시험지에서는 인산과 같이 다소 많이 함유 되었으며 칼슘(Ca)와 마그네시움(Mg)은 1.5~3.0%와 0.4~0.5%에 비하여 무처리와 패각은 석회가 부족하며 석탄회 시용구에서는 적정량에 해당되나 마그네시움은 개량제 처리 전부가 부족한 편이다.

따라서 석탄회를 사용하더라도 마그네시움은 별도 소량 첨가 하는 것이 양분의 균형면에서 좋을 것으로 생각된다.

개량제 처리로서 토양에서 철과 망간, 아연의 가급태 함량이 감소한 것과 같이 식물체에도 감소 되었으며 특히 철분과 망간의 함량차이가 현저히 감소 되었다. 이와 같이 흡수 가능한 철분과 망간의 함량이 감소되므로 타유효 흡수 가능한 양분의 농도 차에 의한 흡수가 증가 되었다고 생각된다.

붕소의 흡수량 증가는 석탄회의 붕소함량 때문이며 붕소 흡수가 정상적일 때 식물체의 대사가 원활하며 배추엽중 붕소가 15ppm이하면 붕소결핍이 일어나며 정상적인 배추는 20~50ppm로 보며 석탄회 시용으로 정상적인 함량치에 해당된다.

배추의 생육중기의 환원당과 조섬유, 비타민-C 함량은 표 2-21에서와 같으며 이중 환원당의 함량은 석탄회 시용으로 무처리와 패각처리구보다 수치가 높은 반면 조섬유 함량은 반대 경향으로 무처리가 12.0%, 패각처리가 11.5%에 비하여 석탄회 시용으로 10.5%내외로 감소되어 품질이 석탄회 시용으로 양호하다고 보겠다. 비타민-C 역시 석탄회 시용으로 증가되어 무처리에 비하여 7.2mg/100g의 함량증가를 보였다.

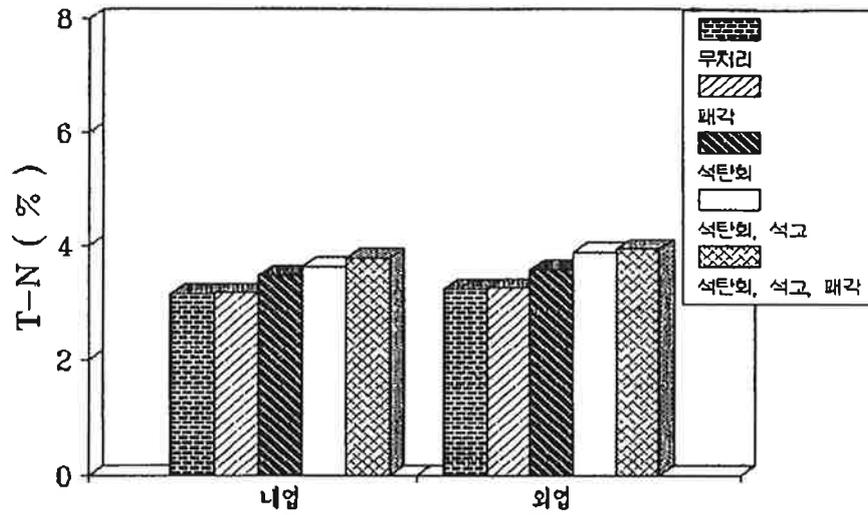


그림 2-20. 수확기 내업과 외업의 T-N함량.

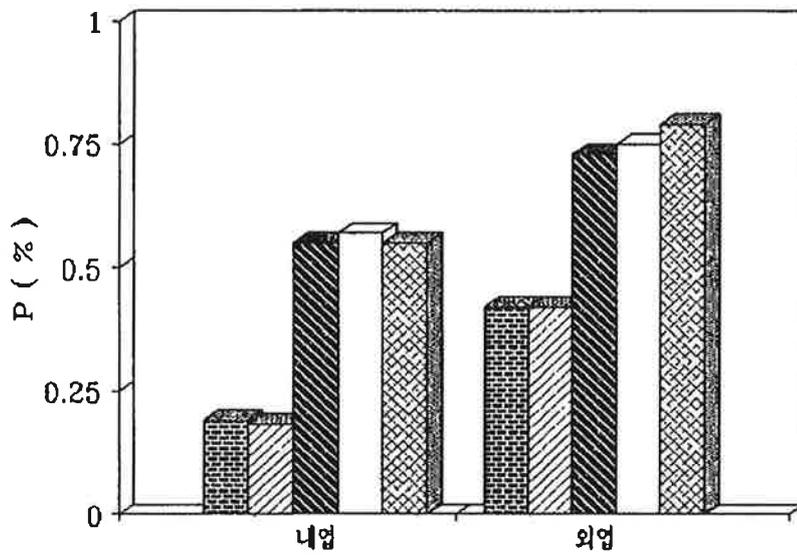


그림 2-21. 수확기 내업과 외업의 인산함량변화.

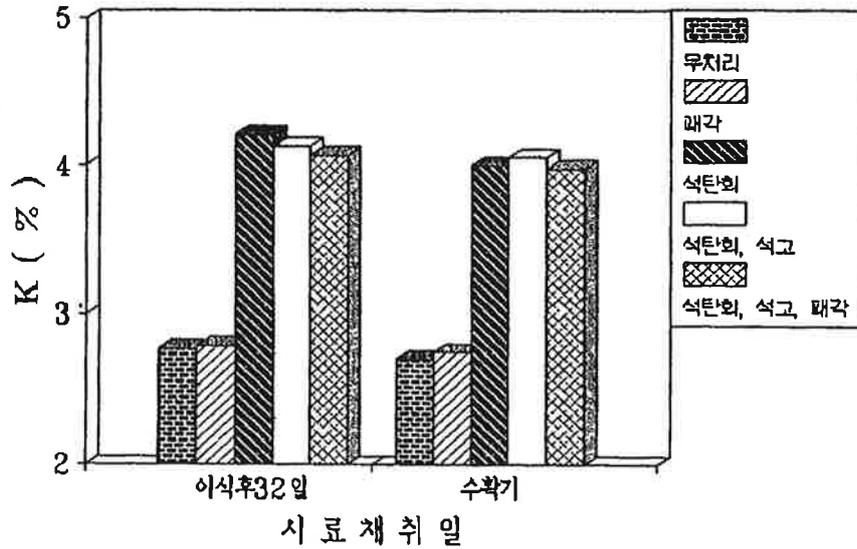


그림 2-22. 수확기 내엽과 외엽의 K함량.

수확기 엽의 무기성분 함량은 전체적으로 내엽보다 외엽의 함량이 약간 높으며 이는 내엽보다 외엽이 물질대사가 많다는 것을 의미하며 처리간 무기성분 함량은 질소에서 석탄회 시용이 패각과 무처리에 비하여 함량이 높으며 내엽에는 배추의 표준함량 범위에 속하나 외엽의 석탄회 처리구는 범위를 약간 넘긴 정도이나 과량은 아니다.

인산의 함량범위는 적정량이 P로서 0.2~0.4%정도인데 내엽의 무처리와 패각에서 0.19%와 0.18%의 낮은 수치에 비하여 내엽, 외엽 공히 석탄회 처리로서 0.55~0.79%로서 적정량보다 함량이 높고 특히 외엽에서 질소와 같이 높은편이다.

칼리함량 역시 적정함량이 1.8~2.8%인데 비하여 내엽에서는 적정함량과 비슷하였으나 외엽에서는 석탄회 처리로서 함량이 높은편이다. 칼리(K)는 질소와 인산에 비하여 내엽에 비하여 외엽의 비가 높은 편이며 이는 외엽의 탄소동화작용의 관계 때문인 것으로 생각된다. 그림 2-22에서 보는 바와 같이 외엽에서 석탄회 시용으로 현저히 증가되었다.

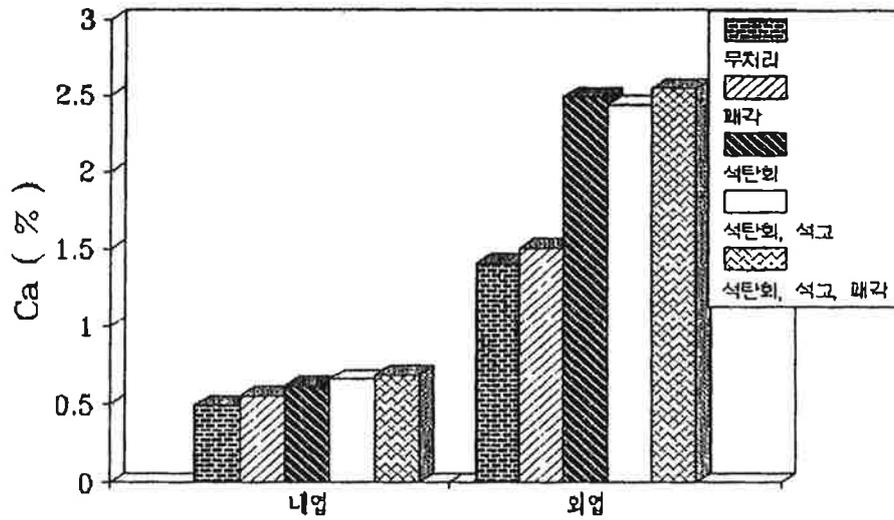


그림 2-23. 수확기 내엽과 외엽의 Ca함량.

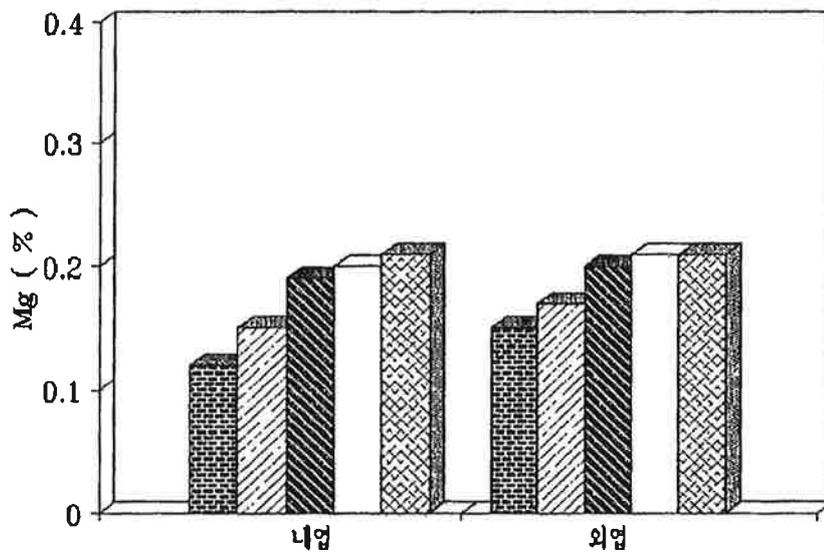


그림 2-24. 수확기 내엽과 외엽의 Mg함량.

석회(Ca)와 마그네슘(MG)의 함량을 외엽과 내엽 처리간에 비교하여 보면 그림 2-23에서와 같이 석회는 외엽이 내엽보다 함량비가 타 성분에 비하여 현저하게 함량이 높고 석회의 적정함량은 1.5~3.0%로서 내엽에서는 적정함량에 미달인 반면 외엽은 1.4~2.5%로서 적정함량에 포함되며 처리간에도 석탄회 시용이 무시용구보다 함량이 높은 수치를 나타내었다.

마그네슘은 내엽, 외엽의 차이가 뚜렷하지 않으나 무처리에 비하여 패각, 석탄회, 석탄회+석고의 처리구가 다소 높은 수치이나 배추의 적정함량인 0.4~0.5%에는 약간 미달되는 수치이다.

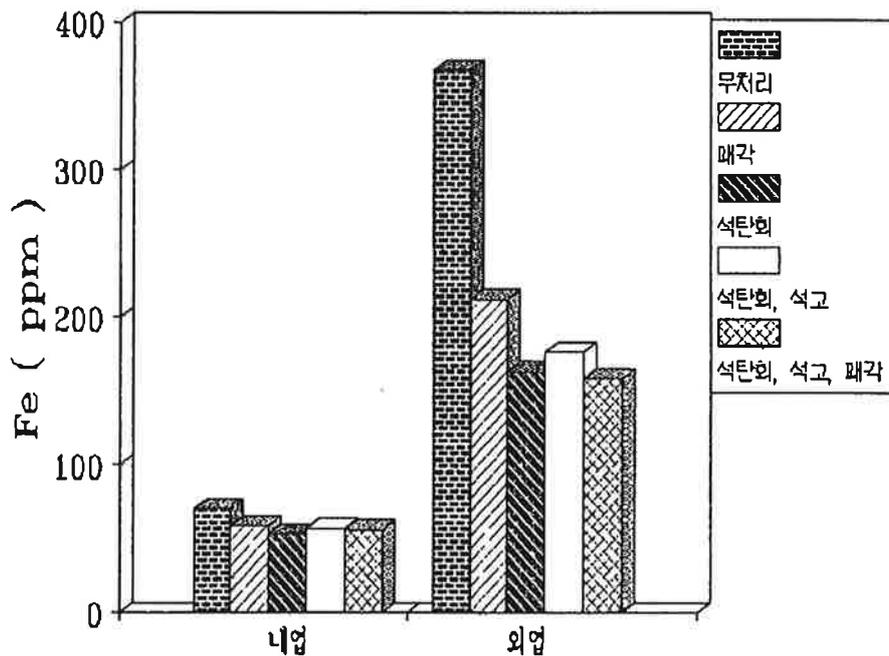


그림 2-25. 수확기 내엽과 외엽의 Fe함량.

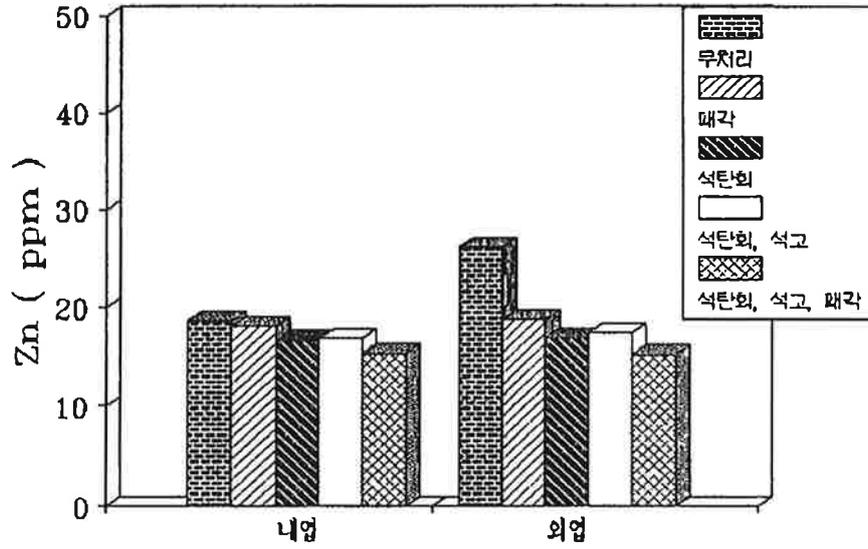


그림 2-26. 수확기 내엽과 외엽의 Zn함량.

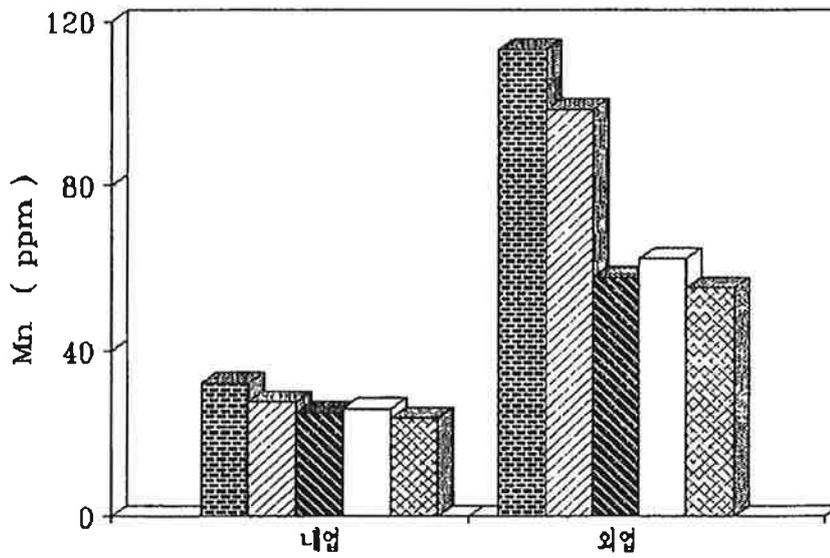


그림 2-27. 수확기 내엽과 외엽의 Mn함량.

그림 2-25과 그림 2-27은 철분과 망간의 내엽, 외엽 함량비로서 철분은 내엽보다 외엽의 함량비가 현저히 높으며 처리간에는 pH가 낮은 무처리에서 높으나 외엽에서 현저하게 높았다. 철분의 함량은 토양의 pH에 영향된 바가 큰 것으로 생각되며 배추의 철분함량은 배추재배 토양조건에 따라 차이가 많은 것이며 특히 pH와 토양환원에 영향되는 바가 크다. 내엽에는 처리간 변화가 크지 않는데 이는 동화작용에 의한 물질대사 관계가 크다고 보겠다.

망간은 철분과 같은 경향으로 내엽에서는 처리간의 함량변화는 뚜렷한 차이가 없으나 외엽은 내엽에 비하여 함량은 배이상 많으며 철분과 같이 무처리구에서 현저히 높았다.

아연(Zn)은 내엽, 외엽 차이가 없으나 석탄회 시용이 아연함량이 낮은 경향이고 외엽의 무처리구에서 현저히 높았다.

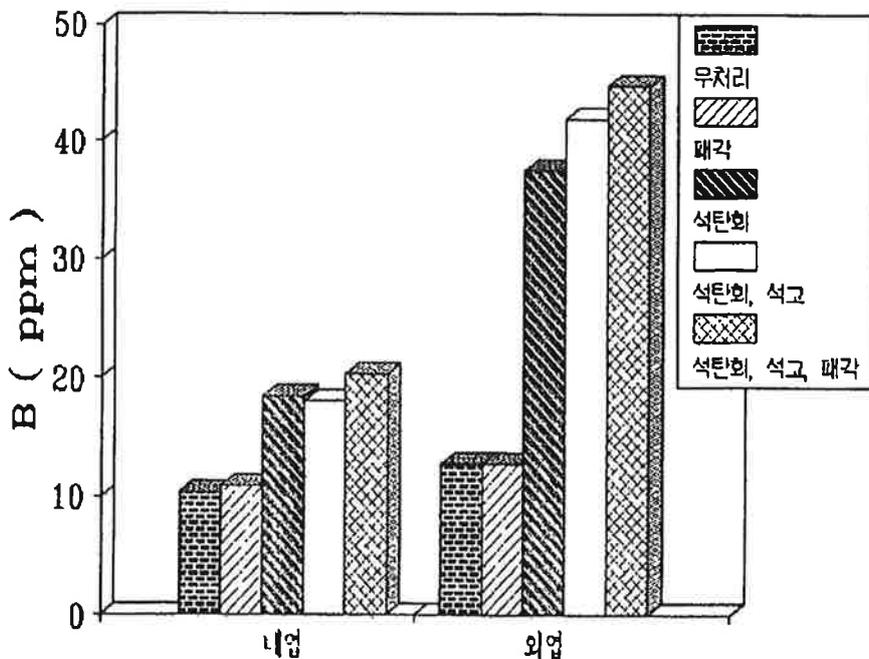


그림 2-28. 수확기 내엽과 외엽의 B함량.

그림 2-28은 엽중 붕소함량으로 본 사질계 토양에서 엽중 붕소함량의 차이가 뚜렷하게 나타나는 것도 있겠지만 배추를 육안적으로 보아 외형에서 뚜렷한 차이가 있었다. 즉 석탄회 무시용구에서는 배추의 상품가치를 인정하기 곤란하고(사진참조) 석탄회 시용으로 건전한 상품가치로 인정될 수 있는 배추가 생산되었다. 배추의 적정 붕소함량은 20~50ppm인데 본 시험에서 무처리와 패각 처리에서 외엽에 12.8ppm으로 나타났으며 석탄회 처리로서 외엽에 39~44ppm의 적정함량에 포함되었다. 본 배추시험에서 석탄회의 효과로서 가장 큰 인자는 붕소함량이라고 생각된다. 이러한 현상은 우리나라의 경우 하천을 낀 사질계 토양에서 대부분 나타나는 현상이 아닌가 생각된다.

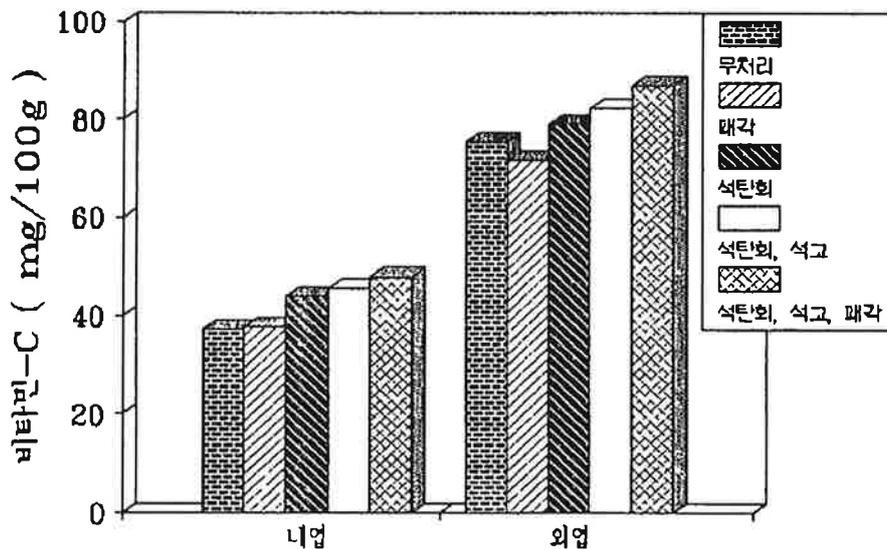


그림 2-29. 수확기 내엽과 외엽의 비타민-C함량.

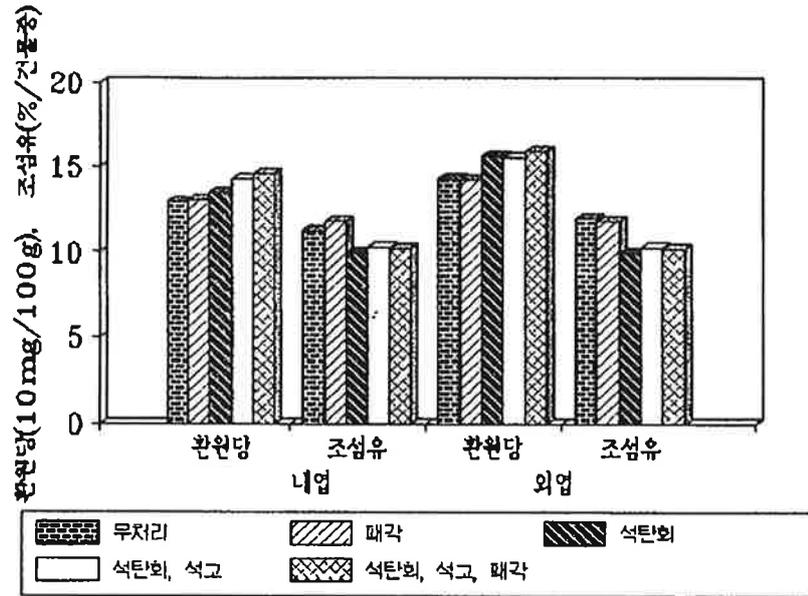


그림 2-30. 수확기 내엽과 외엽의 환원당과 조섬유함량.

배추의 품질을 평가하는 하나의 요인으로 환원당과 조섬유의 함량을 들 수 있으며 본 시험의 결과에서도 석탄회 시용으로 환원당이 증가하고 조섬유의 함량은 감소 되었으며 이러한 경향은 내엽과 외엽이 같은 경향이나 내엽보다 외엽에서 함량차이가 크게 나타났다. 외엽에서는 석탄회 처리구가 환원당이 뚜렷이 높고 반대로 조섬유 함량은 낮은 경향을 나타내었다. 이런 결과는 석탄회 처리로서 부드럽고 품질이 양호한 배추로 생각할 수 있다. 또한 비타민-C 역시 내엽과 외엽 같이 석탄회 시용으로 함량이 높고 패각시용이 낮은 경향이다. 이런 결과로 보아 패각은 석회가 주성분으로 생각되나 석탄회는 다종의 염기와 기타 성분함량에 배추생육에 좋은 결과를 가져온 것이 아닌가 생각된다.

제 3장 마늘에 관한 연구

제 1절 서설

마늘은 우리나라에서 오래 재배된 원예작물로서 고대 건국신화에서 비롯하여 삼국사기에도 기록되어 있는 작물이다. 원산지는 중앙아시아설과 지중해 연안설이 있으나 현재에는 세계 각국에서 재배되고 있으며 그중 인도, 스페인, 이집트, 한국, 아르헨티나 등의 국가에서 많이 재배되고 있다.

마늘은 구(球)를 목표로 하는 인견 채소이지만 풋마늘로 잎을 이용하기도 하며 용도상 양념외에 약재로 이용되기도 한다.

우리나라에서 생산량은 보통 300평당 500~800kg정도이며 재배시 석회시용과 유황시용에 의하여 성분량의 차이가 있으며 유황을 함유한 아닐린함량과 기타 함유황 아미노산의 함량에도 영향을 미친다. 본인들이 시험하는 석탄회의 석회와 붕소, 석고의 유황함량등이 마늘의 생육과 수량, 품질에 많은 영향을 미칠 것으로 보고 있다.

제 2절 연구방법

1. 마늘(1)

마늘은 94년도 가을에 파종한 포장을 차지하여 개량재를 처리하였음.

표 3-1. 공시토양 분석결과(95년 사천).

성분 처리	pH		Av. P ₂ O ₅ (ppm)	Ex. Cation(me/100g)			수용성 B (ppm)
	H ₂ O	N-KCl		K	Ca	Mg	
표 토	5.5	4.7	46.2	0.28	4.01	1.33	0.58

- 시험장소 : 경남 사천군 정동면 동계리
- 경작자 : 박 정 태
- 품 종 : 남도마늘
- 개량재처리일 : 1995. 3. 24

• 시험처리

- ① 무처리
- ② 패 각 (400kg/10a)
- ③ 석탄회 (4,000kg/10a)
- ④ 석탄회 70%(2,800kg/10a) + 석 고 30%(1,200kg/10a)

-마늘 생육 중에 개량재를 처리하였기 때문에 알칼리 피해를 우려하여 석탄회, 석고량을 타 처리에 비하여 50%을 줄여서 시용했음

• 포장면적 : $16.5\text{m}^2 \times 16\text{구} = 247.5\text{m}^2$

• 수확일 : 1995. 6. 10

2. 마늘(2)

표 3-2. 공시토양 분석결과(96년 진주).

성분 처리	pH(1:5)		Av. P ₂ O ₅	Ex. Cation(me/100g)			B	토성
	H ₂ O	N-KCl	(ppm)	K	Ca	Mg	(ppm)	
표 토	5.5	4.2	200.5	0.33	3.00	0.80	0.36	미사질양토

• 시험지 : 경남 진주시 초전동 경남진흥원 담포장

• 품 종 : 남도마늘

• 개량재 처리일 : 1995. 10. 20

• 시험처리

- ① 무처리
- ② 패 각 (400kg/10a)
- ③ 석탄회 (8,000kg/10a)
- ④ 석탄회 70%(5,600kg/10a) + 석 고 30%(2,400kg/10a)
- ⑤ 석탄회 50%(4,000kg/10a) + 석 고 30%(2,400kg/10a) + 패 각 20%(80kg/10a)

• 시험방법 : 3반복 난괴법

• 수확일 : 1996. 6. 10

• 재배방법 : 농가관행

제 3절 연구결과

1. 제 1시험지

가. 개량재 처리에 의한 제 1시험지 토양화학성 변화

식양토에 개량재 처리에 의한 시기별 토양성분의 변화는 표 3-3과 같이 pH는 개량재 처리에 의해 5.3에서 6.0~6.2까지 상승하였으며 생육단계별로는 큰 변화가 없었다. 유효인산의 함량은 패각처리구에 의해 100ppm 정도, 석탄회 처리에 의해 200ppm 정도 증가되었으며 인산의 유효도에 영향을 미치는 pH가 비슷하게 증가 되었지만 패각처리보다 석탄회처리가 유효인산 함량이 증가된 것은 앞에서 논의 한 바와 같이 석탄회의 다양한 염기함량 때문이라 생각된다. 치환성 칼리, 석회함량은 개량재에 의하여 증가되었으나 칼리는 패각보다 석탄회 시용으로 증가량이 많았다.

표 3-3. 처리에 의한 시기별 토양 분석.

처 리	성 분 월일	pH	A.v P ₂ O ₅ (ppm)	수용성 B (ppm)	K Ca (---me/100g---)	
무처리	5.15	5.3	462.0	0.58	0.20	3.02
	5.25	5.4	454.0	0.61	0.21	3.25
	6.10	5.4	461.0	0.62	0.29	3.02
패각	5.15	6.0	588.0	0.72	0.26	6.68
	5.25	6.1	553.0	0.68	0.26	5.72
	6.10	6.0	585.0	0.30	0.31	5.64
석탄회	5.15	6.1	647.0	2.50	0.29	6.10
	5.25	6.0	661.0	2.40	0.37	5.77
	6.10	6.2	621.0	2.60	0.39	5.30
석탄회+석고	5.15	6.2	608.0	2.60	0.22	7.35
	5.25	6.2	572.0	2.30	0.31	7.49
	6.10	6.1	637.0	2.30	0.35	8.40

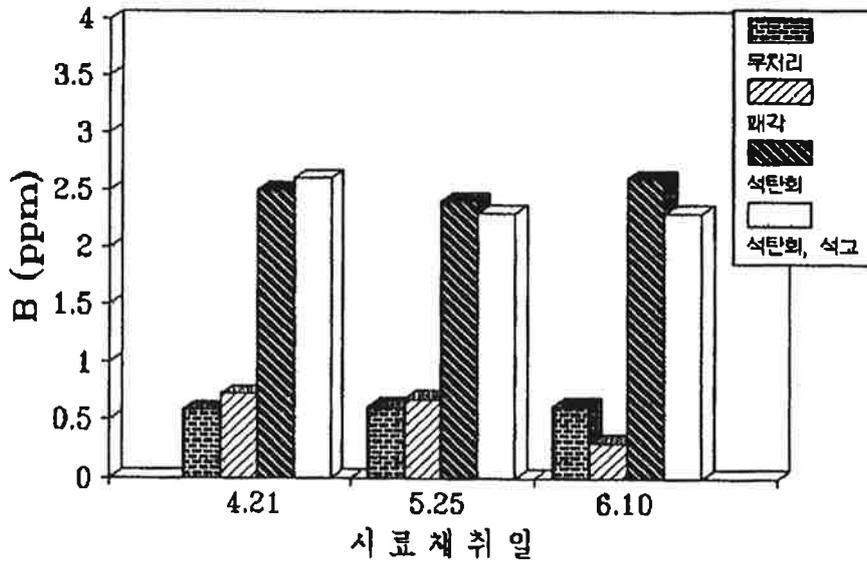


그림 3-1. 생육단계별 수용성 B함량변화.

그림 3-1에서와 같이 토양의 붕소함량은 석탄회 시용으로 현저히 증가되었다.

나. 생육 및 수량

마늘 파종 후 생육기간에 개량재 처리로서 알카리 피해를 우려 하였으나 기온이 낮은 관계로 알카리 피해가 뚜렷하지 않았다. 월동후 생육초기에는 개량재의 효과가 뚜렷하지 않았으나 5월 5일 이후 패각과 석탄회의 효과가 뚜렷하여 표 3-4에서와 같이 구중이 증가되었다.

표 3-4. 시기별 생육조사결과.

처리명 \ 시기	초 장 (cm)			엽 수 (개)		
	4.21	5.25	6.10	4.21	5.25	6.10
무처리	42.6	63.5	86.7	6.4	7.0	8.8
패각	41.1	66.7	87.6	6.1	7.2	9.3
석탄회	42.1	65.5	87.1	6.2	7.3	9.0
석탄회+석고	40.9	64.0	88.7	6.1	7.1	9.0

(3반복 평균치)

마늘의 초장과 염수는 처리에 따라 현저한 차이가 없었으며, 이는 개량재를 생육증가에 시용한 관계로 생각되어진다. 그러나 개량재 처리에 의한 수확기의 마늘의 생육은 표 3-5에서 와 같이 1차 풋마늘의 수량차이도 있었으나 생육단계가 진행될수록 개량재의 효과가 크게 나타났다.

수확기에서 무처리에 비하여 패각이 10.0%, 석탄회 14.0%, 석탄회+석고 시용이 27.0% 증수 되었다. 석탄회+석고는 석고공급과 아울러 유험공급에 의한 효과라고 보겠다.

표 3-5. 처리에 따른 수량조사결과. (kg/10a)

시기 처리명	1차 (5.5)	2차 (5.15)	3차 수확기(6.8)
무처리	2,100	3,780	4,204(100)
패각	2,584	4,600	4,692(110)
석탄회	2,540	4,600	4,844(114)
석탄회·석고	2,960	5,200	5,412(127)

3반복 평균치(지수)

마늘은 다염작물로서 토양에 석회 및 염기의 함량이 많고 pH도 중성에 가까운 상태에서 생육이 좋다. 마늘은 수량증수도 중요하지만 마늘의 주성분인 Allyl Sulfide($C_6H_{10}S$) 와 Allyl disulfide($C_6H_{10}S_2$) 의 함량에 따라 마늘특유의 냄새가 나는 것이다. 패각과 석탄회 시용으로 두 성분이 감소되었으며 특히 석탄회 처리로서 Ally Sulfide의 함량이 현저히 감소되었다.

표 3-6. 개량재 처리에 의한 Ally Sulfide와 Allyl disulfide 함량 조사결과.

처 리 \ 성 분	Ally Sulfide($C_6H_{10}S$)	Allyl disulfide($C_6H_{10}S_2$)
무처리	0.395	4.47
패각	0.210	4.97
석탄회	0.092	4.07
석탄회+석고	0.078	3.49

(단위: ppm)

2. 제2시험지(96년 진주)

가. 생육 및 수량

표 3-7. 생육시기별 마늘초장. (단위 : cm)

항 목 일 시	무처리	패각	석탄회	석탄회, 석고	석탄회, 석고, 패각
96.3.5	20.0	20.5	22.6	21.7	22.8
96.5.6	66.2	70.6	72.8	71.2	72.8
96.6.10	76.3	78.3	81.4	79.7	79.3

표 3-8. 시기별 마늘1주당 생체중. (단위 : g)

항 목 일 시	무처리	패각	석탄회	석탄회, 석고	석탄회, 석고, 패각
96.3.5	26.8	27.9	29.1	28.3	28.0
96.5.6	58.5	70.4	71.3	71.0	71.5
96.6.10	68.7	79.0	80.4	81.1	79.4

(15주 평균치)

96년도 진주지역의 포장 시험에서 월동후 초기생육은 뚜렷하지 않으나 5월6일 조사에서 개량재 처리효과가 나타났으며 석탄회 시용구가 생육이 좋으며 6월10일 조사에서도 석탄회 시용이 초장이 좋았다. 생체중은 전년도 성적과 같이 석탄회+석고 시용이 높고 석회가 주성분인 패각도 생육이 좋았다.

수량성적은 표 3-9에서 와 같이 석탄회 시용이 28.8%, 석탄회+석고가 20.0% 증수되어 수확기에 석탄회의 효과가 뚜렷하게 나타났다.

표 3-9. 수확기 마늘 종구 수량조사.

성 분 처 리	구중 (g/개당)	구중 (kg/10a)	지수 (%)
무처리	31.6	585.9	100
패각	35.8	673.1	114.9
석탄회	40.8	754.8	128.8
석탄회+석고	37.7	703.0	120.0
석탄회+석고+패각	38.5	715.3	122.1

나. 생육단계별 토양분석

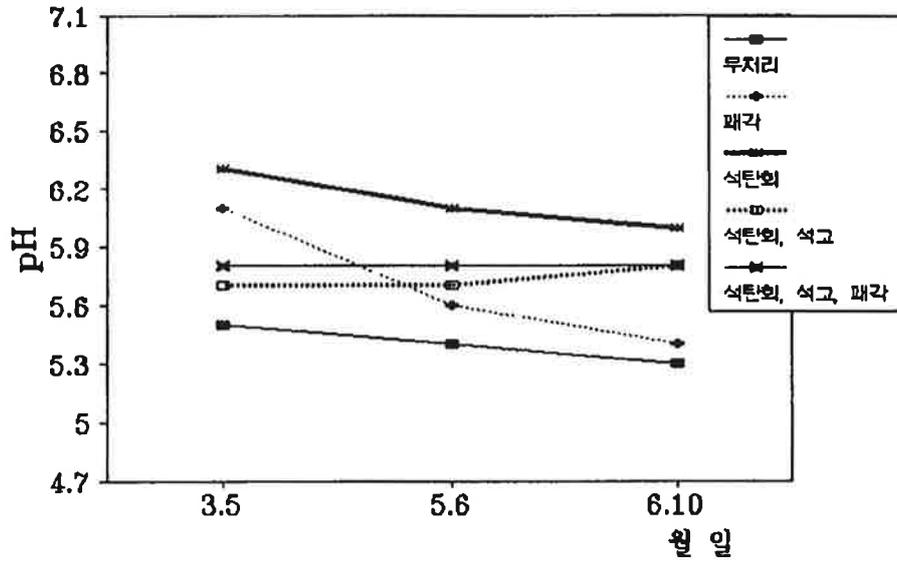


그림 3-2. 생육단계별 pH(1:5 H₂O)변화.

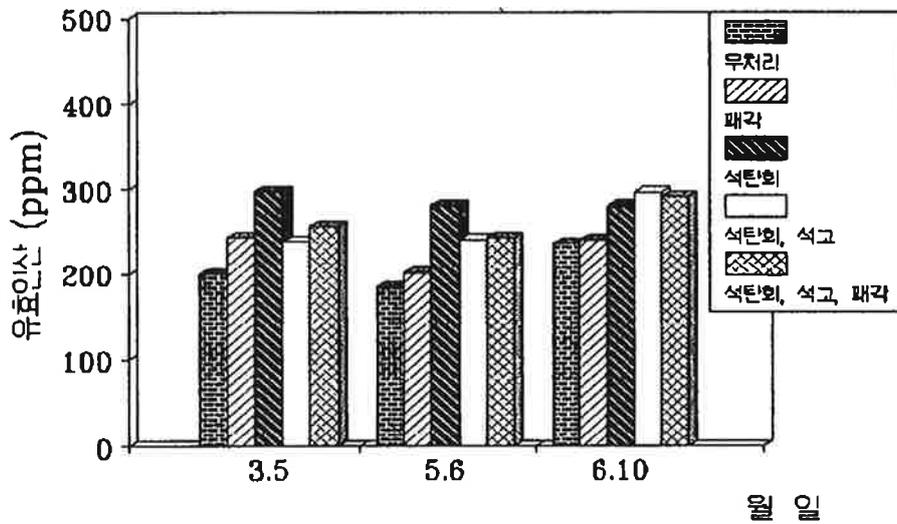


그림 3-3. 생육단계별 유효인산 함량변화.

미사질 양토에서 무처리에 비하여 개량재 시용으로 pH가 증가 되었으나 그 중 석탄회 시용이 가장 높았고 패각도 초기에는 높았으나 마늘의 생육일수가 경과됨에 따라 pH가 감소되는 경향이 크고 석탄회+석고와 석탄회+석고+패각은 약간 증가되는 반대 경향을 나타내었다. 이는 그림 3-5에서 와 같이 치환성 석회함량이 무처리구에서 3월5일 보다 5월6일에 현저히 증가되는 경향과 같은 결과이다.

유효인산 함량은 공시토양이 유효인산 함량이 높았으며 그럼에도 개량재 처리에 의한 인산함량이 증가 되었고 초기에는 석탄회 시용에서 증가폭이 컸으나 후기에는 석탄회와 석고 첨가가 약간 높은 경향을 나타내었다. 그러나 앞의 배추시험지와 같이 인산의 함량 차이가 현저한 결과를 나타내지 않았다. 이러한 이유는 계속해서 작물의 적정시비를 다년간 하여왔기 때문이 아닌가 생각된다.

치환성 칼리함량은 생육초기에는 비슷하였으나 생육중기, 후기에 석탄회 시용구가 높은 수치를 나타내었다. 생육중기 이후 개량재 무처리에서도 칼리함량이 높은 이유는 시비에 의해 칼리함량이 증가되었다고 생각된다.

치환성 석회함량은 생육중기에 석고+패각 시용구가 현저히 높았으며 마그네슘함량은 생육중기 이후 무처리에 비하여 오히려 감소현상이 나타났다. 이러한 이유는 개량재 중 석회에 의한 상대적인 비 때문이라 생각된다.

시험지 토양은 붕소함량이 낮은 토양으로 석탄회 시용으로 현저하게 증가되었다. 그 증가량은 작물생육에 적정향을 유지하는 함량이다.

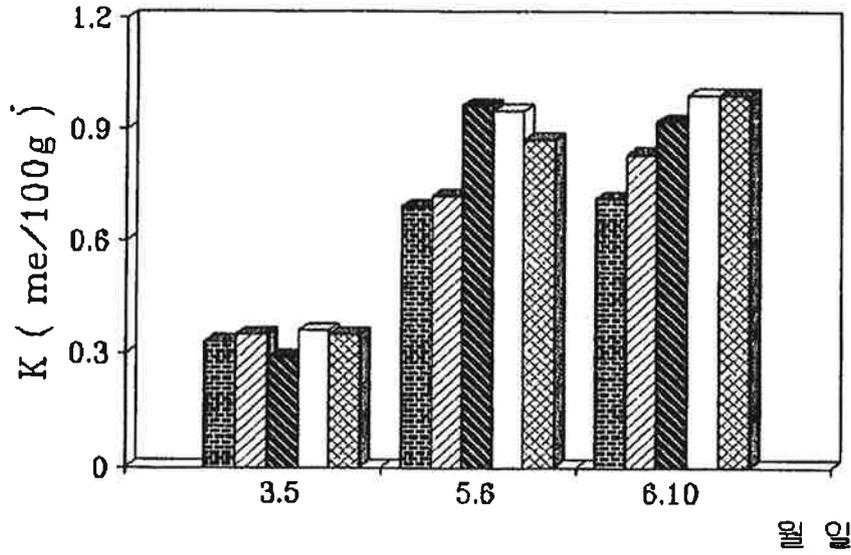


그림 3-4. 생육단계별 K함량변화.

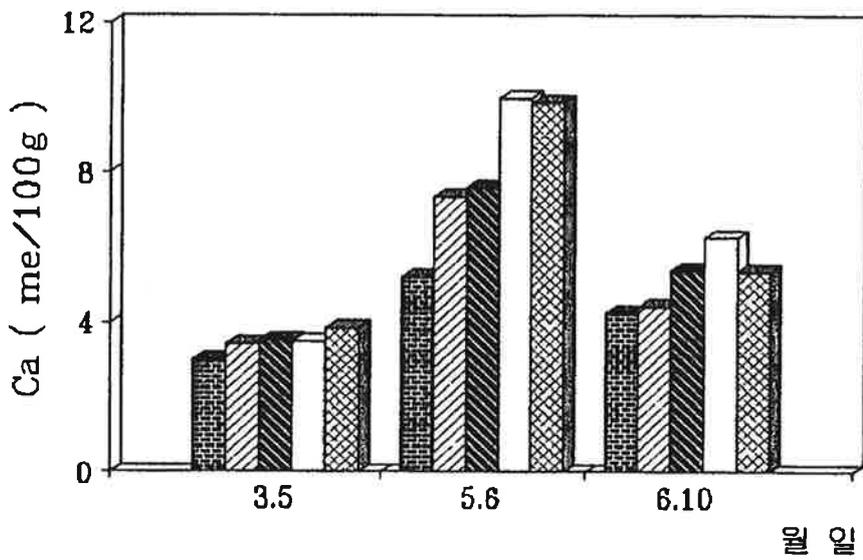


그림 3-5. 생육단계별 Ca함량변화.

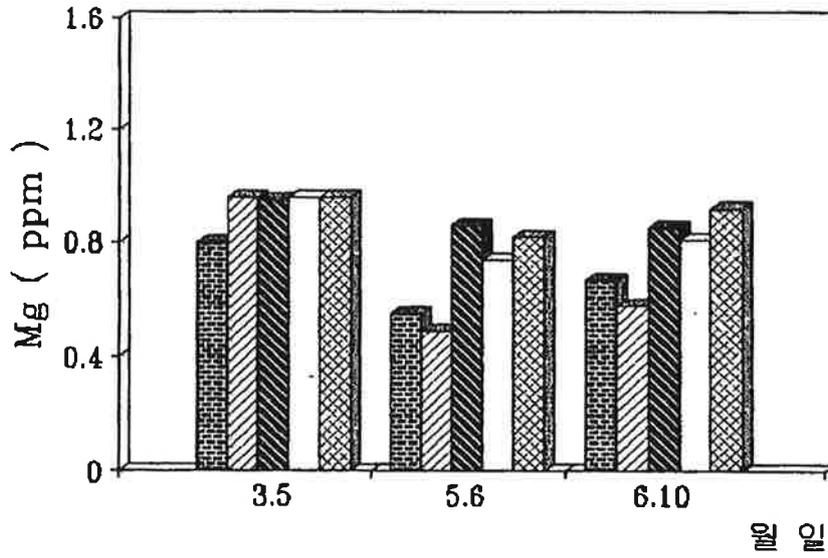


그림 3-6. 생육단계별 Mg함량변화.

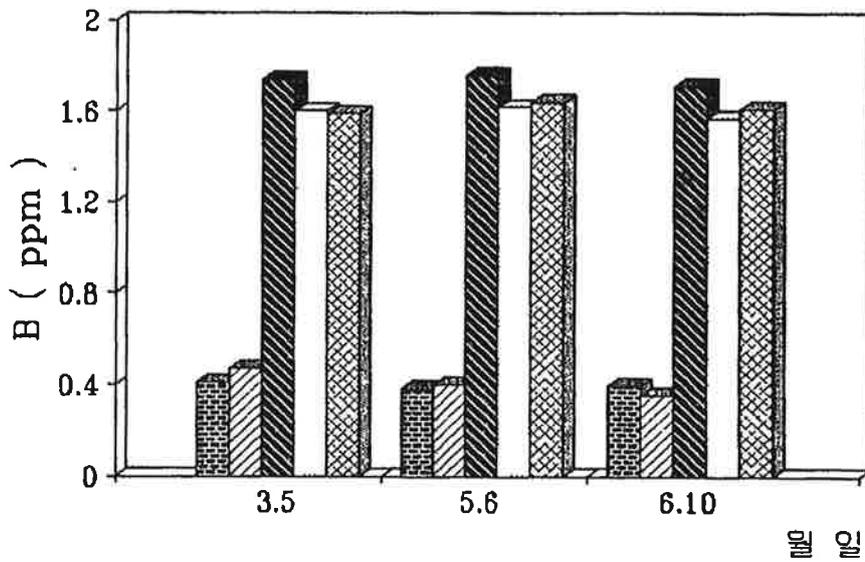


그림 3-7. 생육단계별 수용성 B함량변화.

다. 식물체 분석결과

표 3-10. 시기별 엽 무기성분함량.

처리명	성분 월일	T-N	P	K	Ca	Mg	B	Fe
		(-----%-----)						(---ppm---)
무처리	5.6	1.54	0.16	0.98	0.66	0.25	16	39
	6.10	1.58	0.18	0.22	0.59	0.33	13	35
패각	5.6	1.56	0.14	1.10	0.39	0.33	18	38
	6.10	1.46	0.21	0.25	0.46	0.36	13	36
석탄회	5.6	1.70	0.18	1.06	0.59	0.35	26	46
	6.10	1.50	0.20	0.28	0.54	0.33	19	54
석탄회+석고	5.6	1.63	0.20	1.17	0.54	0.25	21	46
	6.10	1.44	0.18	0.30	0.64	0.35	23	44
석탄회+석고+패각	5.6	1.66	0.16	1.13	0.64	0.28	18	47
	6.10	1.46	0.17	0.31	0.64	0.35	16	45

표 3-10은 시기별 엽의 무기성분을 분석한 결과로 T-N, P, K 등은 처리별로 큰 차이는 없었다. B의 경우는 석탄회를 처리한 구에서 무처리에 비하여 6~10ppm정도 함량이 높게 나타났다.

표 3-11. 시기별 줄기 무기성분 분석결과.

처리명	성분 월일	T-N	P	K	Ca	Mg	B	Fe
		(-----%-----)						(---ppm---)
무처리	5.6	1.58	0.10	0.80	0.54	0.16	12	35
	6.10	1.51	0.09	0.94	0.37	0.28	11	37
패각	5.6	1.61	0.11	0.91	0.53	0.20	14	34
	6.10	1.55	0.14	1.04	0.48	0.39	12	38
석탄회	5.6	1.71	0.11	1.00	0.49	0.22	20	43
	6.10	1.49	0.16	1.37	0.53	0.20	12	46
석탄회+석고	5.6	1.78	0.11	1.14	0.45	0.25	16	43
	6.10	1.46	0.14	1.11	0.36	0.29	13	46
석탄회+석고+패각	5.6	1.96	0.11	1.08	0.39	0.22	15	44
	6.10	1.47	0.14	1.10	0.58	0.40	14	45

표 3-11는 시기별 마늘 줄기의 무기성분을 분석한 결과로 개량재의 처리별로 크게 차이가 나타나지 않았으나 K의 경우 석탄회 처리구가 무처리구에 비해서 0.20~0.43%정도 함량이 높게 나타났다.

제 4장 단감에 대한 연구

제 1절 서설

단감은 동양이 원산지로서 온대지방에 재배하는 과수이며 우리나라에 재배되기 시작한 것은 일본인에 의하여 1927년 경남 진영지방에서 시작되었다. 단감은 기상조건 중에서 기온에 영향을 많이 받는 과수로서 년중 평균기온이 13℃ 이상이어야 하며 생육기간인 4월과 10월 사이에 기온이 단감생육에 중요하며 년중 강우량은 1,200mm~2,100mm사이가 적당하며 이러한 기상조건에 의하여 우리나라는 주로 경남과 전남에서 재배되고 있다. 양도에서 재배되고 있으나 재배면적과 재배방식은 경남이 대단히 앞서있는 실정이다. 본인이 1990~1991년사이 경남의 주요 단감재배단지인 김해, 창녕, 진주와 전남의 승주, 해남지방 과수의 영양상태를 조사한 바 지역간에 토양조건의 차이도 있겠지만 시비방법등 비배관리가 체계적이 아니며 따라서 지역간 과원간 영양 상태가 불균일 하였다.

단감은 영양상태중 옆의 C:N율과 7~8월에 기상조건에 따라 생육중 낙과에 영향을 많이 미친다. 또한 근년에 많이 만연되고 있는 원성낙엽병은 단감재배의 성패를 가름하는 병이다.

따라서 본 석탄회를 중심으로 사용하는 개량재는 질소과다 시비에 의한 낙과와 붕소함량에 의한 착과에 영향이 있을 것으로 보아 연구를 실시하였다.

제 2절 연구방법

1. 단감(1)

- 시험지 : 사천군 정동면 예수리
- 경작자 : 박 명 문
- 품 종 : 부 유

표 4-1. 공시토양 분석결과(95년 사천).

성분 처리	pH		O.M	Av.P ₂ O ₅	Ex-Cation(me/100g)			Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	B
	H ₂ O	N-KCl	(%)	(ppm)	K	Ca	Mg	(-----ppm-----)					
표 토	5.62	4.82	2.28	102.97	0.50	6.20	2.00	89.3	50.15	5.19	3.18	3.20	0.20
심 토	5.46	4.26	1.50	127.44	0.42	6.40	2.20	62.6	40.66	2.90	2.31	1.19	0.10

- 수 령 : 약 6년생
- 개량재 처리일 : 1995. 3. 24
- 시험처리
 - ① 무처리
 - ② 패 각 (400kg/10a)
 - ③ 석탄회 (4,000kg/10a)
 - ④ 석탄회 70%(2,800kg/10a) + 석 고 30%(1,200kg/10a)
- 구당주수 : 3주, 총 15주
- 시험관리 : 농가관행
- 낙과수 조사일 : 1차-95. 7.4 2차-95. 9.23
- 착과수 조사일 : 1995. 10. 25
- 토성 : 표토, 심토 모두 식양토

2. 개량재 잔효 단감재배(1)

- 시험장소 : 사천군 정동면 예수리
- 전년도 처리에 의한 생육상태조사

3. 단감(2)

- 시험지 : 진주시 가좌동
- 경작자명 : 유 병 석
- 품 종 : 부 유

표 4-2. 공시토양 분석결과(96년 진주).

성분 처리	pH		O.M	P ₂ O ₅	Ex-Cation(me/100g)			Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	B
	H ₂ O	N-KCl	(%)	(ppm)	K	Ca	Mg	(-----ppm-----)					
표 토	5.51	3.90	1.28	54.59	0.55	4.25	1.56	45.58	40.65	3.02	0.99	1.70	0.80
심 토	5.29	3.86	0.90	19.42	0.16	3.54	1.50	42.16	35.62	2.57	0.95	1.65	0.48

- 수 령 : 5년
- 개량재 처리일자 : 1995. 12. 16
- 시험처리
 - ① 무처리
 - ② 패각 (400kg/10a)
 - ③ 석탄회 (8,000kg/10a)
 - ④ 석탄회 70%(5,600kg/10a) + 석고 30%(2,400kg/10a)
 - ⑤ 석탄회 50%(4,000kg/10a) + 석고 30%(2,400kg/10a) + 패각 20%(80kg/10a)
 - ⑥ 패각 70%(280kg/10a) + 석고 30%(2,400kg)
- 충주수 : 3주 × 6처리 = 18주
- 시험지 관리 : 능가관행
- 낙과수 조사일 : 1차-96. 6. 3, 2차-96. 7. 11, 3차-96. 9. 4
- 착과수 조사일 : 96. 9. 21
- 수확일 : 96. 10. 26

제 3절 연구결과

1. 제 1시험지(95년도 사천)

가. 시기별 토양 무기성분

표 4-3. 시기별 토양 무기성분.

처리	성분 일일	pH	O.M (%)	A.v P ₂ O ₅ (ppm)	Ex.Cation(me/100g)			Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	B
					K	Ca	Mg						
무처리	8.12	5.4	2.22	78.1	0.47	4.70	1.80	75.95	43.38	4.19	2.61	3.00	0.20
	10.17	5.5	2.53	80.1	0.52	4.91	2.00	49.35	29.59	6.68	1.61	2.99	0.30
패각	8.12	6.6	2.21	104.1	0.50	7.10	1.90	64.20	50.10	5.02	2.03	3.44	0.26
	10.17	6.8	2.81	229.1	0.47	10.2	3.50	44.80	51.15	16.66	1.30	1.60	0.60
석탄회	8.12	5.6	2.74	124.1	0.55	7.20	1.90	85.70	45.64	4.45	2.24	2.23	1.94
	10.17	6.5	3.26	162.4	0.49	6.90	2.00	65.60	36.24	7.14	1.94	2.67	3.00
석탄회+석고	8.12	5.7	3.36	145.7	0.45	9.60	2.30	86.30	56.80	8.29	2.19	2.52	1.30
	10.17	5.9	3.21	97.4	0.47	8.10	2.60	103.60	24.16	4.16	1.74	3.76	2.72

생육시기에 따른 토양 분석치는 표 4-3과 같이 개량재 시용에 따른 pH상승과 유효인산, 치환성 석회의 증가는 타시험지와 같은 결과를 나타내었으며 원토양의 붕소함량은 결핍상태에 있었으나 석탄회 시용으로 붕소함량이 작물 생육에 적정량으로 유지되었다.

나. 생육과실의 생육과 수량조사

표 4-4. 생육과실의 생육과 수량조사결과.

구 분 처리명	1주당 총과수	1주당 낙과수	1주당 수확수	낙과율 (%)	착과율 (%)	1주당수량 (kg)
무처리	55.3	32.6	22.7	58.9	41.3	3.25(100)
패각	59.0	30.6	28.4	51.1	48.9	4.07(125)
석탄회	56.5	19.5	37.0	34.5	55.5	5.30(163.9)
석탄회+석고	57.2	21.0	36.2	36.7	53.3	5.19(159.6)

(지수)3반복 평균치

표 4-4는 1차년도 수량성적으로 1반복을 3주로하여 3반복 평균치로서 개량재 시용으로 낙과율이 감소되었으며 패각에 비하여 석탄회 시용으로 착과율이 증가되었다. 1주당 수량은 패각시용이 25.0%, 석탄회시용이 63.9% 증수되어 개량재중 석탄회 시용이 효과적이었다. 단감은 내산성 과수이지만 석탄회의 붕소함량과 유효인산함량의 증가는 감의 생육을 촉진시킨 것으로 생각된다.

다. 단감엽의 생육단계별 무기성분함량.

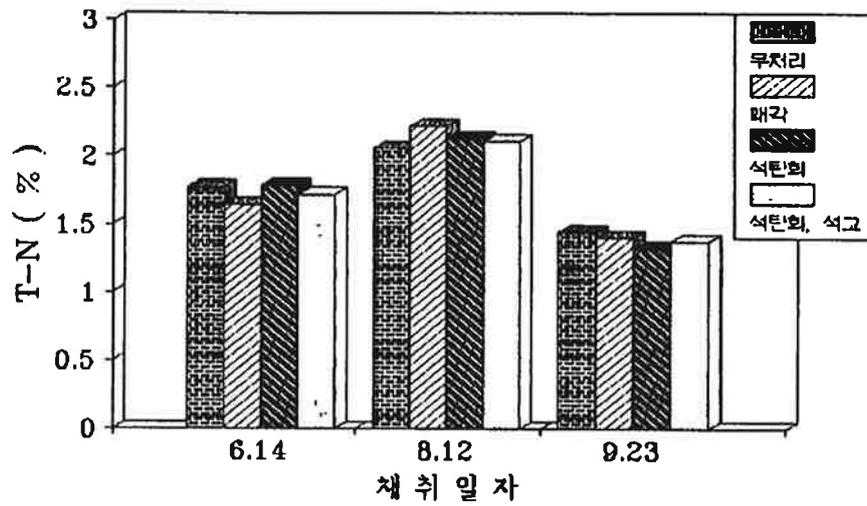


그림 4-1. 사천단감 식물체 생육단계별 T-N함량변화.

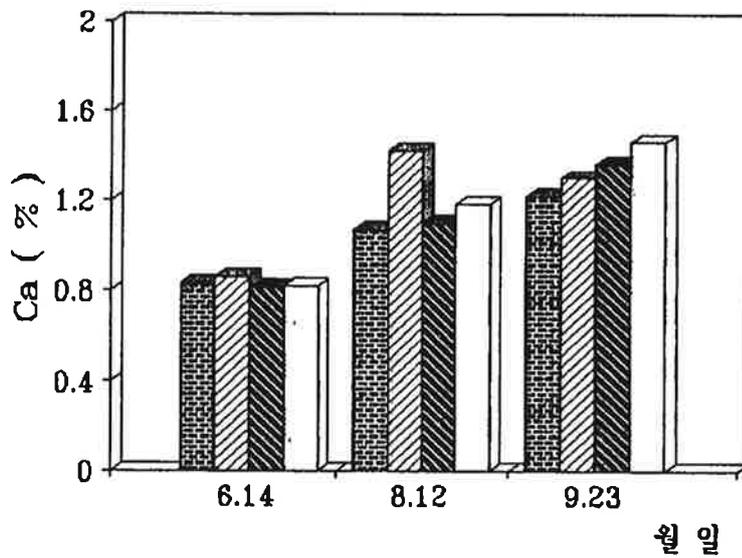


그림 4-2. 사천단감 식물체 생육단계별 Ca함량변화.

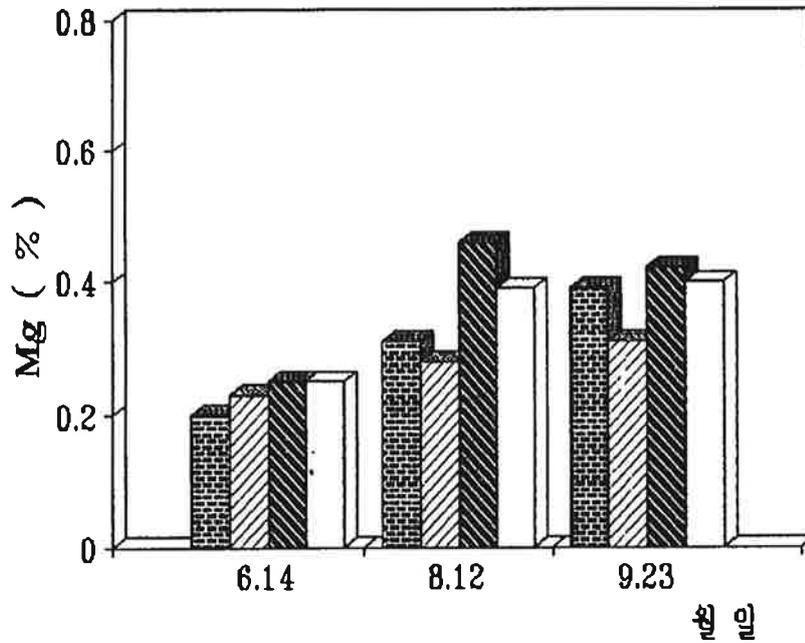


그림 4-3. 사천단감 식물체 생육단계별 Mg함량변화.

단감엽의 무기성분 적정함량은 9월상순을 기준으로 질소가 2.0~2.6%, 인산이 0.12~0.14%, K가 1.5%, 붕소가 100~200ppm, Mn이 50~2000, Zn이 20~30ppm을 적정량으로 보고 있으며 본 개량재 시험에서는 대부분의 성분이 적정치에 미달되고 있다 이는 본 시험에 이용된 과원이 적황색 잔적토로 비옥도가 낮기 때문이라 생각된다.

표 4-5. 생육단계별 식물체 무기성분.

처리명	성분 월일	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu	B
		(----%----)		(-----ppm-----)				
무처리	6.14	0.14	1.54	139.0	435.0	2.73	혼적	48.7
	8.12	0.10	1.49	100.0	460.0	11.40	혼적	50.0
	9.23	0.15	1.74	215.0	782.0	2.07	혼적	47.0
패각	6.14	0.17	1.88	145.0	703.0	31.50	혼적	46.0
	8.12	0.12	2.21	112.0	809.0	57.00	혼적	52.0
	9.23	0.15	2.76	216.0	1112.0	6.07	혼적	45.0
석탄회	6.14	0.14	1.64	148.0	425.0	6.67	혼적	56.0
	8.12	0.11	2.10	121.0	511.0	22.40	혼적	54.0
	9.23	0.15	2.11	155.0	726.0	3.21	혼적	59.0
석탄회+석고	6.14	0.18	2.25	96.0	583.0	16.10	혼적	48.0
	8.12	0.14	2.18	108.0	660.0	46.00	혼적	50.0
	9.23	0.17	2.48	134.0	824.0	4.40	혼적	50.0

질소의 개량재 처리별 함량은 생육초(6.14)에는 패각과 석탄회+석고 시용이 낮은 수치이고 석탄회 시용이 무시용에 비하여 약간 높은 수치이나 8월의 생육중기에는 무처리가 가장 낮고 개량재 시용구가 높은 수치를 나타내었다. 이러한 이유는 개량재에 의한 잔재력 질소가 흡수 되었기 때문이라 생각된다.

인산의 함량은 개량재 시용으로 약간 높은 수치이나 처리별, 시기별로 뚜렷한 차이가 없으며 단감엽의 인산함량은 타 과수에 비하여 낮은 수치이다.

칼리 함량은 개량재 시용으로 증가되었으며 석회함량도 무처리에 비하여 함량이 약간 높으며 생육후기에 무처리 1.22%, 패각 1.30%, 석탄회 1.35% 로 패각, 석탄회 시용으로 증가되었다.

마그네슘 함량은 패각보다 석탄회 시용으로 증가 되었으며 붕소함량은 30ppm이하에서는 엽의 정상대사가 이루어지지 않으나 본 시험지는 50ppm정도로 부족현상은 아니며 석탄회 처리구가 붕소함량이 높다. 단감나무은 일반과수에 비하여 망간을 과다 흡수하는 과수로서 엽에 3000ppm 이상 과다 흡수하면 과실의 녹반병 현상이 있어 과실의 품질이 저하된다. 본 시험지에서 패각 처리로 망간의 흡수가 증가되었고 석탄회 시용으로 망간함량은 무처리와 비슷한 경향이다. 아연은 패각, 석고시용에 의한 함량이 증가된 경향을 나타내었다.

2. 감에 대한 개량재 잔효효과(96년도 사천)

가. 토양잔효효과

95년도 개량재 처리한 과수에 관리는 농가에 준하고 생육단계별 토양과 식물체 시료만 채취하여 개량재의 1차년도 잔효의 효과를 보고자 조사하였다.

본 잔효시험에서 수량과 과실의 품질을 조사코저 하였으나 관리는 농가에 일반관행에 준하였기 때문에 가을에 과수의 원성낙엽병 관계로 수량을 얻지 못한 것이 유감스러웠다. 그러나 토양과 식물체의 분석으로 잔효효과를 평가코저한다.

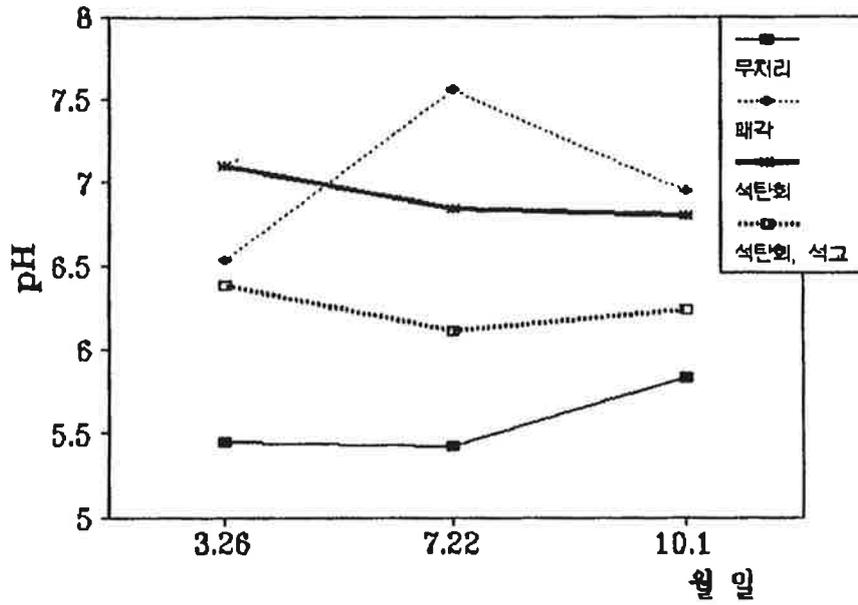


그림 4-4. 생육단계별 토양-pH변화.

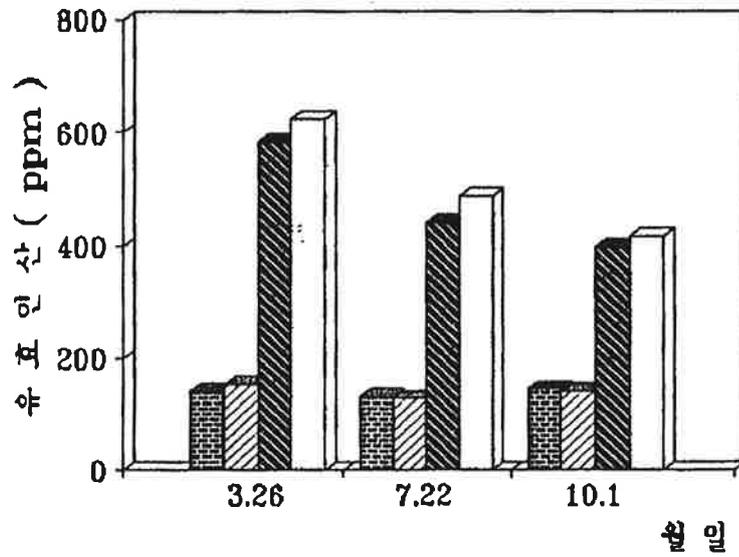


그림 4-5. 생육단계별 토양-유효인산변화.

표 4-6. 시기별 토양 무기성분변화(표토).

성분 처리	월일	pH	O.M	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
		N-KCl	(%)	(--me/100g--)			(-----ppm-----)				
무 처리	3.26	4.55	2.33	0.49	5.58	1.40	64.25	51.80	8.90	3.00	5.60
	7.22	4.18	2.11	0.48	5.48	1.50	65.09	53.77	7.65	3.08	3.84
	10.1	4.43	2.43	0.56	5.76	1.35	79.36	67.43	6.35	2.15	1.47
패 각	3.26	5.30	2.28	0.61	8.06	1.34	44.72	51.45	9.31	2.46	5.34
	7.22	6.47	1.91	0.54	12.62	1.36	46.00	35.04	6.70	2.56	3.43
	10.1	6.09	2.16	0.59	13.94	1.26	59.17	55.19	7.15	1.91	1.25
석 탄 회	3.26	6.56	5.07	0.52	13.76	1.84	70.10	67.95	12.94	1.14	3.68
	7.22	6.77	3.86	0.53	6.90	1.40	76.88	62.10	8.15	3.71	3.68
	10.1	5.92	2.97	0.50	7.30	1.52	95.77	74.31	7.49	2.32	1.49
석 탄 회 석 고	3.26	6.02	5.02	0.54	50.69	0.43	88.15	64.45	11.42	2.11	3.42
	7.22	5.72	3.49	0.53	22.59	1.31	80.91	67.59	8.42	3.79	3.39
	10.1	5.64	3.14	0.67	35.21	1.04	110.14	73.27	7.06	2.37	1.49

그림 4-4에서와 같이 토양 pH는 개량재 효과가 계속 인정되며 석탄회의 pH 교정력이 크게 나타나는 것은 개량재에 의한 염기가 콜로이드에 포화된 것을 의미한다. 유효인산의 함량은 석탄회 시용으로 현저히 증가되었으며 1차년도에서는 유효인산의 증가가 현저치 못하였으나 2차년도에 현저히 증가되었다.

치환성 칼리, 석회, 마그네시움 함량도 1차년도 보다 증가량이 많았으며 철, 망간, 아연, 구리 함량은 패각시용이 감소되었고 붕소함량은 무처리와 패각처리에서 0.4ppm 정도였으나 석탄회 처리로서 현저히 증가되었다.

표 4-7. 시기별 토양 무기성분(심토).

처리	성분		A.v P ₂ O ₅ (ppm)	O.M (%)	pH		Ex.Cation(me/100g)			Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	B				
	월일	H ₂ O			N-KCl	K	Ca	Mg	(-----ppm-----)										
무처리	3.26	5.35	4.35	1.14	15.18	0.16	4.46	1.93	79.55	34.82	4.71	2.08	3.79	0.60					
	10.1	5.57	4.13	1.03	53.47	0.32	4.43	1.63	75.28	32.21	4.35	1.41	흔적	0.40					
패각	3.26	5.95	4.65	1.81	88.99	0.19	5.73	1.29	60.40	40.72	7.85	2.65	5.43	0.53					
	10.1	5.71	4.52	1.14	66.29	0.13	6.07	1.65	59.31	37.32	4.02	1.03	흔적	0.52					
석탄회	3.26	5.90	4.53	1.71	162.27	0.26	5.93	1.29	60.30	40.88	6.78	2.55	3.98	0.70					
	10.1	5.74	4.10	1.07	57.84	0.27	5.92	1.53	61.24	40.29	3.24	1.52	흔적	0.55					
석탄회+석고	3.26	5.52	4.54	2.02	53.91	0.31	7.21	1.42	77.80	40.26	8.42	2.60	4.40	0.54					
	10.1	5.50	4.42	1.27	50.21	0.21	6.35	1.60	55.32	30.14	4.15	1.19	흔적	0.47					

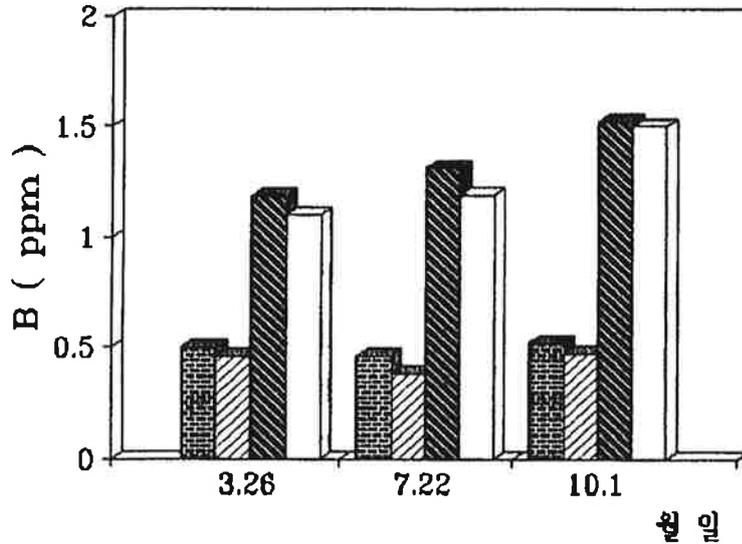


그림 4-6. 생육단계별 토양 붕소함량변화.

심토에서는 환산성 교정은 다소 효과적이거나 잠산성 교정은 효과적이 아니며 치환성 석회함량은 약간 증가 되었으나 표토와 같이 뚜렷하지 않으며 기타성분도 뚜렷한 차이가 없는 것은 본과원의 토양이 수직배수가 매우 불량하다는 것을 의미하며 단감과원으로서 부적당하다고 생각된다.

나. 식물체 무기성분

개량재 시용에 의한 엽의 무기성분 잔효효과는 질소의 함량은 1년재와 비슷하게 어린엽의 질소농도는 처리간 차이가 없었으나 7월22일 생육왕성기에 석회 처리구가 질소 농도가 높고 노엽에서도 같은 경향이다. 인산의 함량은 처리간 뚜렷한 경향은 없으며 생육후기에서 약간 높은 편이나 단감의 적정함량에는 미달된다. 본과원에서 인산의 함량이 낮은 이유는 적황색 토양으로 인산의 고정력이 강하여 인산흡수 방해인자가 많기 때문이라 보겠다.

표 4-8. 시기별 식물체 무기성분함량(96년 잔효).

처리	성 월일	분									
		T-N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
		(%-----%)									
		(-----ppm-----)									
무 처 리	5. 9	1.57	0.17	2.61	0.31	0.22	205.0	456.0	29.0	혼적	43.5
	7.22	1.98	0.15	5.07	1.42	0.31	65.2	612.4	6.8	혼적	45.9
	10.1	1.69	0.17	2.30	1.17	0.31	227.3	734.3	15.3	혼적	41.5
폐 각	5. 9	1.56	0.18	2.65	0.25	0.19	161.0	680.0	27.0	혼적	45.2
	7.22	1.99	0.16	5.49	1.57	0.27	108.4	921.4	7.0	혼적	44.3
	10.1	1.55	0.17	2.27	1.12	0.26	230.6	1073.2	12.1	혼적	40.2
석 탄 회	5. 9	1.53	0.17	2.56	0.25	0.19	258.5	407.5	47.5	혼적	45.6
	7.22	2.03	0.16	4.60	1.56	0.31	267.6	573.0	3.4	혼적	46.1
석 탄 회 고	10.1	1.76	0.18	2.34	1.17	0.34	274.9	705.7	13.4	혼적	42.3
	5. 9	1.57	0.17	2.56	0.31	0.17	251.0	586.0	24.0	혼적	45.5
	7.22	2.01	0.16	5.76	1.66	0.26	219.2	770.4	5.8	혼적	44.7
10.1	1.67	0.18	2.17	1.16	0.31	253.1	835.2	16.2	혼적	41.9	

엽의 칼리 함량은 1차년도 보다 전체적으로 증가되었으며 표준적정 함량이 9월상엽에서 1.5%인데 비하여 어린엽의 함량이 1.3%내외, 7월말 엽의 적정 K 함량은 2.7% 정도로서 무처리가 2.53%, 패각이 2.74%, 석탄회가 2.71%정도로서 개량재 시용구가 K함량이 증가되었다. Ca의 함량은 어린엽에서 0.23%, 성엽에서 1.5% 정도이며 무처리가 1.42%, 패각처리 1.57%, 석탄회 1.5%로서 개량재 처리가 높은 경향을 나타내었다. 마그네슘 함량은 처리간에는 뚜렷한 경향이 없으며 철과 망간, 아연은 처리간에 일정한 경향이 없으나 아연은 성엽에서 함량이 적고 어린엽에서 함량이 높은 경향을 나타내었다. 역시 중금속중 망간의 함량이 400~1000ppm 으로 많은 편이며 개량재 처리에 의한 경향은 없었다. 붕소함량은 채소작물과는 달리 과수에서는 토양에 많다고 많이 흡수하는 것이 아니며 2년째 엽의 붕소함량이 처리간에 미미한 편이다.

3. 제 2시험지(96년 진주시)

가. 개량재 처리에 의한 토양의 무기성분 변화

(1) 표토

과원토양이 산성토양으로 잠산성도 높으며 유기물의 함량도 낮은 식질계 토양으로 일반토양에 비하여 염기함량은 부족하지 않으나 그럼에도 pH가 낮은 이유는 점토의 함량이 높은 식질계 토양이기 때문이다.

감나무의 생육단계별 토양분석치는 표 4-9에서와 같이 개량재 처리에 의한 패각과 석탄회 시용은 pH가 현저히 증가되었고 석탄회+석고 시용구는 석고의 산성관계로 pH증가량이 5.5정도였다. 생육단계별 pH변화는 그림 4-7과 같이 개량재 시용으로 초기 pH는 높았으나 후기로 갈수록 낮아지는 경향이다. 패각은 6.58에서 6.84, 6.40, 6.37이며 석탄회는 6.06, 6.34, 5.73, 5.90으로 pH변화를 가져왔다.

이러한 현상은 토양의 완충작용과 염기의 유실 또는 용탈에 기인 된다고 보겠다. 개량재 처리에 의한 유효인산의 변화는 사천단감 과원과는 달리 과원 토양이 다소 속담화 되었기 때문에 유효인산의 함량이 현저히 증가되었다. 4월 18일 분석치에서 무처리가 85.5ppm에서 패각 122.65, 석탄회 413.51, 석탄회+석고 시용구가 532.15, 패각+석고는 124.53ppm으로 토양의 유효인산은 pH에 의존도가 크다는 것을 알 수 있다.

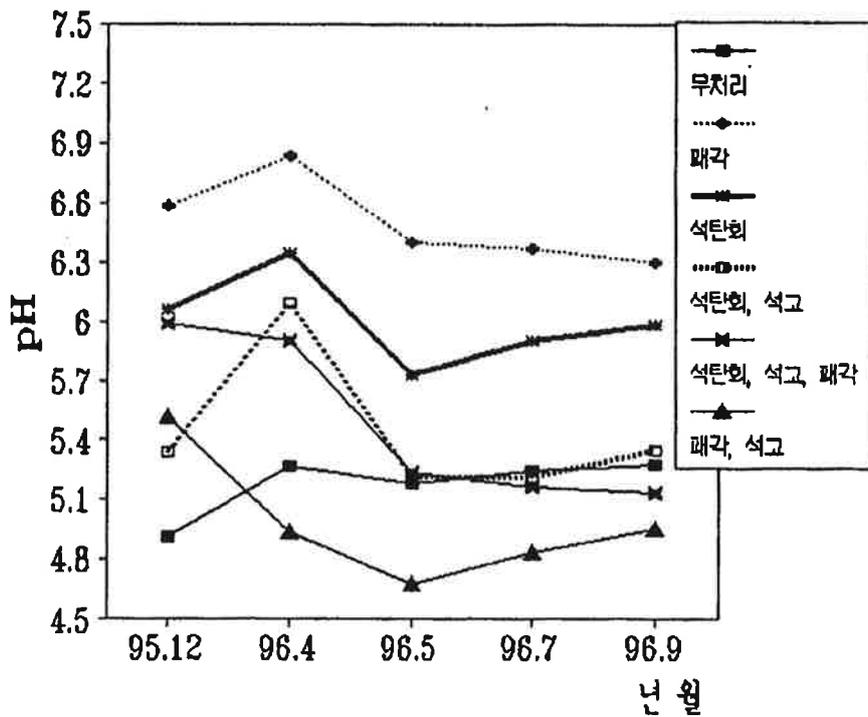


그림 4-7. 시기별 토양의 pH변화.

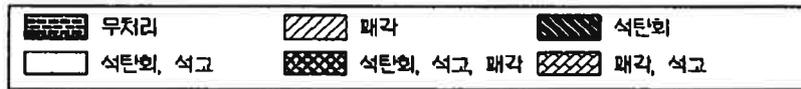
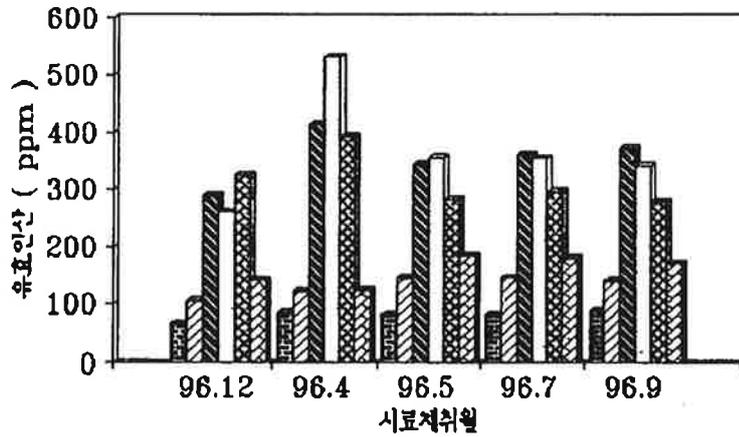


그림 4-8. 시기별 토양-유효인산함량.

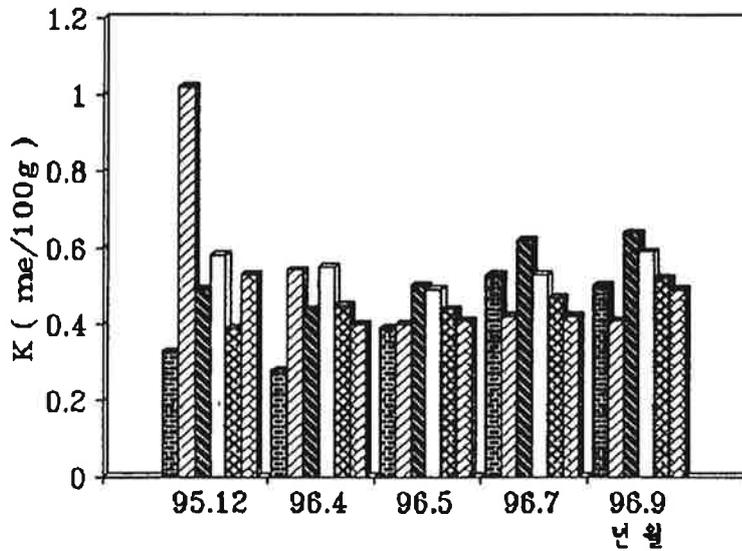


그림 4-9. 시기별 토양-K함량.

표 4-9-1. 시기별 토양 무기성분합량(표토).

처리명	성분 채취시기	pH	O.M	Ca	Mg
		N-KCl	(%)	(----me/100g---)	
무처리	95.12.29	3.66	1.16	3.81	1.55
	96.4.8	3.70	1.73	2.98	1.48
	96.5.22	3.77	1.12	3.87	1.15
	96.7.15	3.75	1.24	3.54	1.37
	96.9.11	3.77	1.22	3.78	1.34
패각	95.12.29	5.77	1.73	12.51	1.01
	96.4.8	6.13	2.07	20.90	1.09
	96.5.22	6.12	1.54	18.90	1.09
	96.7.15	5.97	1.69	15.49	1.14
	96.9.11	5.91	1.59	18.37	1.19
석탄회	95.12.29	5.19	3.06	7.36	1.12
	96.4.8	5.28	3.83	7.47	1.15
	96.5.22	4.83	2.67	6.90	1.43
	96.7.15	5.27	2.59	7.65	1.52
	96.9.11	5.15	2.56	7.55	1.64
석탄회+석고	95.12.29	4.83	2.47	15.04	0.97
	96.4.8	5.67	4.96	51.00	1.14
	96.5.22	4.58	2.48	43.79	1.53
	96.7.15	4.53	2.43	30.23	1.47
	96.9.11	4.48	2.43	34.25	1.54
석탄회+석고 +패각	95.12.29	5.43	2.24	25.38	1.24
	96.4.8	5.36	3.01	61.09	0.95
	96.5.22	4.76	2.00	40.27	1.12
	96.7.15	4.95	2.04	47.18	1.25
	96.9.11	4.56	2.15	40.68	1.35
패각+석고	95.12.29	4.94	1.45	22.95	0.90
	96.4.8	4.47	1.86	124.44	0.66
	96.5.22	4.06	1.33	77.16	1.07
	96.7.15	4.19	1.36	94.51	1.19
	96.9.11	4.12	1.39	95.19	1.30

표 4-9-2. 시기별 토양 무기성분함량(표토).

처리명	성분 채취시기	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
		(-----ppm-----)				
무처리	95.12.29	49.40	42.28	3.07	1.06	1.73
	96.4.8	99.70	48.22	2.41	1.19	3.87
	96.5.22	87.47	47.93	2.81	1.28	2.58
	96.7.15	92.36	51.42	2.84	1.37	2.41
	96.9.11	85.94	50.29	2.34	1.18	1.95
패각	95.12.29	14.47	36.25	3.04	1.08	5.18
	96.4.8	32.60	28.60	1.70	0.63	3.18
	96.5.22	70.01	45.66	2.45	1.06	2.52
	96.7.15	70.16	42.94	2.57	1.09	2.53
	96.9.11	66.88	46.35	2.19	0.98	1.68
석탄회	95.12.29	149.30	42.24	3.01	1.28	2.47
	96.4.8	85.65	70.83	4.33	1.92	3.22
	96.5.22	110.05	68.39	3.10	1.68	3.13
	96.7.15	125.43	69.75	3.12	1.64	3.15
	96.9.11	119.67	67.29	2.95	1.38	2.05
석탄회+석고	95.12.29	145.70	47.98	3.67	1.50	3.28
	96.4.8	116.63	81.92	4.35	1.58	2.89
	96.5.22	110.43	67.91	3.26	1.77	3.27
	96.7.15	120.24	70.27	3.27	1.85	3.10
	96.9.11	120.49	65.28	2.99	1.58	1.99
석탄회+석고 +패각	95.12.29	151.50	39.62	3.05	1.46	4.26
	96.4.8	105.05	70.12	3.51	1.52	2.77
	96.5.22	108.38	68.86	3.17	1.72	3.06
	96.7.15	110.35	68.91	3.10	1.76	3.07
	96.9.11	118.33	66.18	2.91	1.59	1.85
패각+석고	95.12.29	57.07	36.07	2.55	0.90	5.52
	96.4.8	116.60	61.57	2.51	1.30	4.00
	96.5.22	87.06	46.51	2.71	1.36	2.47
	96.7.15	90.94	53.15	2.84	1.39	2.34
	96.9.11	88.79	50.36	2.56	1.21	1.82

치환성 칼리함량은 개량재 처리로 함량이 높으며 석탄회 시용으로 타 처리에 비하여 높은 수치를 나타내었다. 석회의 함량은 패각, 석고 시용은 석회 과포화상태이며 석탄회 시용구는 7.0me/100g 정도로 적당한 수치를 나타내었다. 패각+석고 시용구에서 치환성석회함량이 높은데도 pH가 낮은 것은 유리된 황산기 때문이라고 보겠다.

마그네슘 함량은 개량재 시용에 의해서 함량이 증가되지 않아 하였으며 오히려 패각과석회 시용에서는 약간의 감소현상이 나타났다. 이러한 이유는 과잉의 석회로 인하여 유실, 용탈이 쉽게 일어났기 때문이 아닌가 생각된다.

철과 망간, 아연, 납의 함량변화는 pH 변화에 영향이라고 생각된다. 석고, 패각 등의 시용으로 pH상승에 의한 Eh 변화가 생길 경우는 중금속함량이 증가되기 때문이다.

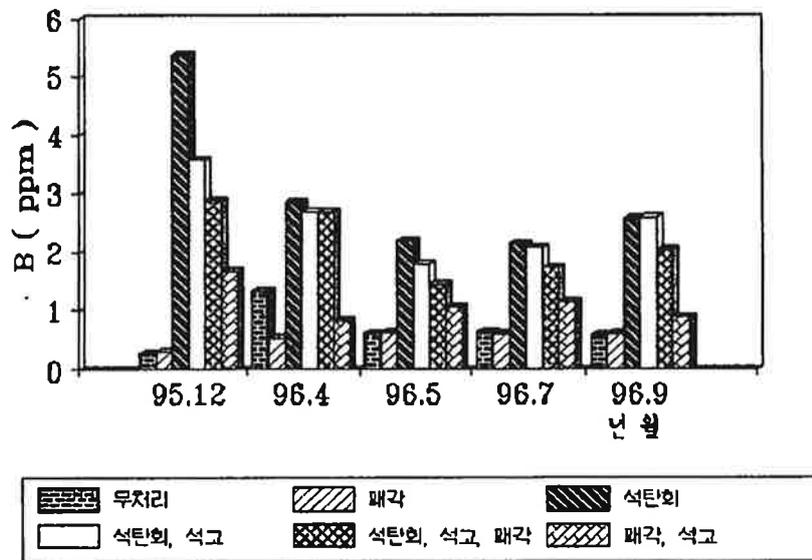


그림 4-10. 시기별 토양-수용성 붕소함량.

붕소의 함량은 그림 4-10에서와 같이 타 시험지와 같이 석탄회 시용으로 작물생육의 적정범위 내에도 함량이 증가되었다.

일반적으로 석탄회 사용으로 토양내 중금속함량 증가를 우려하는 생각을 하고 있으나 표 4-9-2에서 와 같이 환경처에서 제시한 농경지에서 토양오염 우려기준치인 Cd 1.5ppm, Cu 50ppm, pb 100ppm 등의 기준에 미달되므로 석탄회 사용에 의한 토양중금속 함량 증가에는 우려할 사항이 아니며 또한 석탄회에 의한 토양에 중금속 영향을 미치지 않는다는 보고들도 있다.

(2) 심토

개량재 처리에 의한 심토의 토양조건은 표 4-10에서와 같이 pH는 패각, 석탄회 사용으로 무처리에 비하여 약간 높았으며 석고 사용구는 오히려 무처리에 비하여 pH가 낮았다. 이러한 이유는 유황산근이 이온화되어 하층으로 빨리 용탈되기 때문이라 보겠다. 유효인산함량은 표토와 달리 개량재에 의한 심토 변화도 없으며 치환성염기 함량도 차이가 없으며 단지 수용성인 붕소는 석탄회 사용에서 함량이 높았다. 그러나 표토 경우와는 달리 무처리에 비하여 함량차이는 대단히 적다. 이렇게 개량재 표토처리에 의한 심토의 변화가 미미하다는 것은 과원토양이 투수가 불량하고 표면배수가 용이하기 때문이라고 생각된다. 그러나 과원토양 관리에서 심토에 사용개량재가 영향을 미치겠음 심경의 필요성과 과목과 과목사이에 50cm정도의 배수로 시설로서 강우시 표면유거를 억제시키는 방법도 필요하다.

표 4-10. 시기별 토양 무기성분(심토).

처리	성분		pH	O.M (%)	A.v P ₂ O ₅ (ppm)	Ex.Cation(me/100g)			Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	B	
	월일	H ₂ O				N-KCl	K	Ca							Mg
무처리	5.22	5.22	3.89	0.41	62.10	0.17	3.47	1.47	45.30	34.94	2.47	0.92	1.50	0.22	
	7.15	5.17	3.96	0.39	60.30	0.16	3.39	1.06	50.24	35.92	2.14	0.85	1.10	0.21	
	9.11	5.26	3.95	0.38	58.24	0.16	2.94	0.97	49.65	32.25	2.19	0.65	0.95	0.35	
패각	5.22	5.80	4.19	0.88	24.45	0.16	3.14	1.45	42.24	35.26	2.24	0.90	1.42	0.46	
	7.15	5.82	4.25	0.85	29.42	0.17	3.25	1.24	49.62	34.15	2.10	0.88	0.95	0.41	
	9.11	5.72	4.33	0.82	34.56	0.16	3.04	0.95	48.66	33.65	2.18	0.59	0.68	0.38	
석탄회	5.22	5.41	3.88	1.03	50.56	0.17	3.92	1.53	47.35	30.54	2.75	0.97	1.67	0.72	
	7.15	5.37	3.85	1.05	62.94	0.19	3.04	1.09	51.24	35.14	2.66	0.97	1.00	0.81	
	9.11	5.46	4.01	0.99	57.38	0.18	3.00	1.03	50.36	33.15	2.65	0.73	0.78	0.58	
석탄회고	5.22	5.28	3.96	0.98	33.25	0.14	3.56	1.52	44.54	31.85	3.07	0.95	1.62	0.38	
	7.15	5.30	3.96	0.87	35.26	0.14	3.34	1.12	53.85	33.29	2.43	0.95	1.14	0.43	
	9.11	5.16	3.89	0.87	44.59	0.17	3.14	1.05	51.36	35.48	2.38	0.69	0.79	0.48	
석탄회고각	5.22	4.97	3.75	0.98	30.23	0.15	3.66	1.49	46.27	30.77	2.65	0.99	1.50	0.44	
	7.15	5.00	3.84	0.92	40.36	0.17	3.26	1.07	50.24	37.14	2.50	1.05	0.85	0.40	
	9.11	5.18	3.88	0.90	40.67	0.16	3.19	1.00	49.77	36.78	2.14	0.69	0.85	0.46	
패각석	5.22	4.83	3.71	0.78	30.23	0.17	3.37	1.53	44.35	34.24	2.75	0.87	1.41	0.82	
	7.15	4.80	3.79	0.75	30.92	0.21	3.57	0.21	48.36	35.14	2.12	0.80	0.94	0.72	
	9.11	5.00	3.77	0.81	35.66	0.16	3.54	0.67	48.21	35.16	2.05	0.59	0.65	0.57	

나. 개량재 처리에 의한 식물체-무기성분의 변화

표 4-11. 시기별 식물체 분석결과.

처리명	월일	성분				농도			
		T-N	P	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	
		(-----%-----)				(-----ppm-----)			
무 처리	5.14	1.65	0.16	0.20	220.0	674	24.5	혼적	
	7.13	2.12	0.19	0.40	48.5	2124	10.0	혼적	
	9.4	1.57	0.14	0.23	127.0	1909	16.8	혼적	
패각	5.14	1.59	0.19	0.20	240.5	1169	29.0	혼적	
	7.13	1.93	0.18	0.44	107.0	1996	15.5	혼적	
	9.4	1.55	0.14	0.25	154.6	2038	17.2	혼적	
석탄회	5.14	1.66	0.20	0.24	263.5	1302	29.0	혼적	
	7.13	2.16	0.20	0.54	175.5	2982	13.5	혼적	
	9.4	1.65	0.16	0.27	132.8	2716	19.2	혼적	
석탄회 석고	5.14	1.68	0.19	0.23	301.5	1232	34.5	혼적	
	7.13	2.04	0.19	0.50	111.5	2701	9.5	혼적	
	9.4	1.62	0.17	0.27	221.6	2646	24.2	혼적	
석탄회 석고 패각	5.14	1.62	0.17	0.23	228.5	1094	25.5	혼적	
	7.13	2.15	0.19	0.49	192.5	2593	11.5	혼적	
	9.4	1.58	0.16	0.27	155.4	2600	17.4	혼적	
패각 석고	5.14	1.60	0.18	0.23	229.5	1138	28.0	혼적	
	7.13	2.11	0.20	0.63	136.5	2850	16.5	혼적	
	9.4	1.60	0.16	0.28	131.6	2778	24.0	혼적	

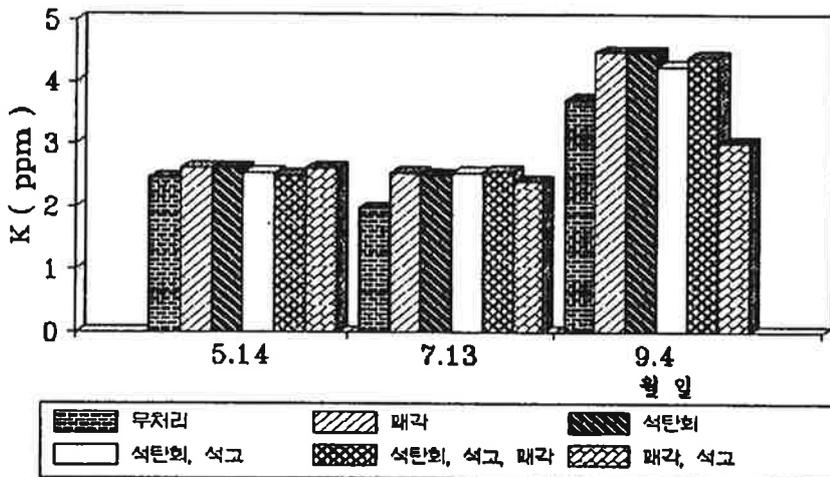


그림 4-11. 생육시기별 K함량.

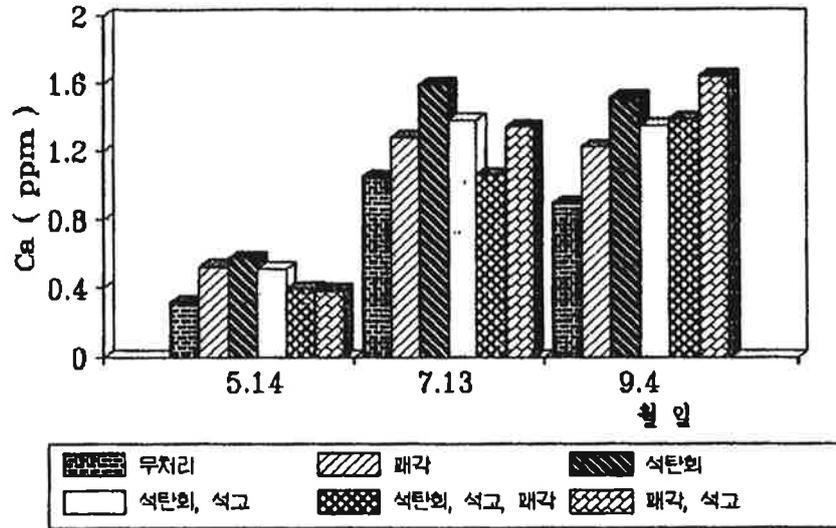


그림 4-12. 생육시기별 Ca함량.

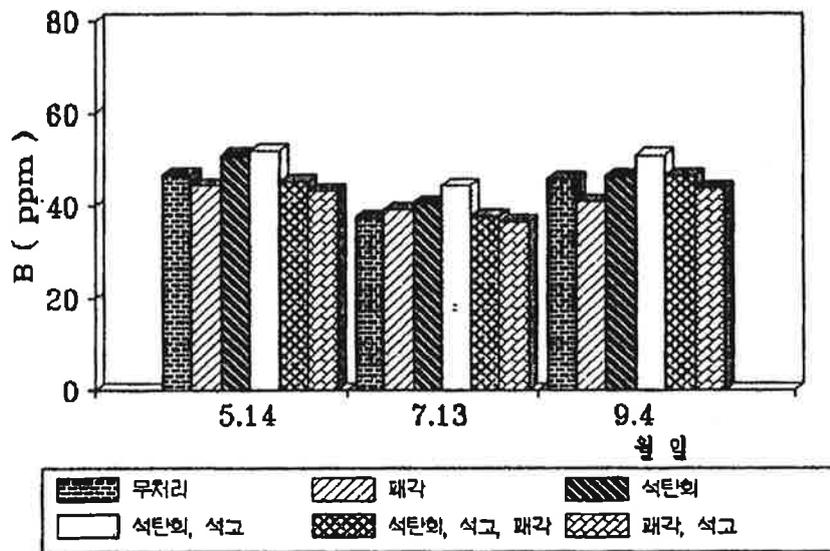


그림 4-13. 생육시기별 B함량.

생육기간중 개량재 처리간에 엽의 질소함량은 뚜렷한 차이가 없었으나 패각 시용이 약간 낮은 편이고 석탄회 시용이 무처리와 비슷한 경향이나 후기에 약간 높은 수치이다. 일반적으로 석회함량이 높은 처리가 질소함량이 약간 낮은 경향이다. 단감엽의 질소 적정함량인 2.3~2.6%에 비하여 시험포에서는 약간 낮은 수치로 나타내었으며 일반적으로 우리나라의 과수작물뿐만아니라 일반작물에도 금비를 많이 시용하는 경향인데 실제 엽의 질소함량이 낮은 것은 금비의 이용율이 낮기 때문이라 보겠으며 비료의 이용율이 낮은 것은 과원토양의 화학적 조건도 중요하겠으나 토심이 깊지 못하여 시용한 비료성분의 지속적인 흡수조건이 불량하기 때문인 것으로 생각된다.

단감엽의 인산의 적정범위는 0.12~0.14% 이며 본시험지 처리모두가 적정범위 또는 그이상 함유되어 있으며 생육단계로서는 후기에 함량이 다소 낮은 편이며 처리별로는 초기에 무처리가 낮은 편이고 후기로 갈수록 비슷하나 석탄회 시용구가 인산함량이 약간 높은편이다.

칼리함량은 전체적으로 높은편이며 무처리구의 9월4일 조사에서 3.71%로 개량재 처리보다 낮은 수치이다. 칼슘의 함량은 전생육기간동안 개량재 시용으로 함량이 높고 그중 석탄회 시용으로 타 처리에 비해 함량이 높다. 생육단계별로는 칼리와 같은 경향으로 생육후기로 갈수록 함량이 높다. 마그네시움 함량은 생육중기에 높으며 개량재 처리간에는 뚜렷한 경향이 없으나 무처리보다 개량재 처리가 높으며 그중 석탄회가 높은 경향이다.

철분은 무처리가 낮으며 개량재 시용구가 높으며 생육단계별로는 생육초기가 높다. 망간은 철분과 반대로 생육중기, 후기에 높고 무처리구가 낮으며 개량재 처리로서 1200~3000ppm까지 변화가 있다. 아연은 일반적으로 토양중 석회의 함량이 높고 pH가 높으면 흡수가 저해 되는 것으로 단감에서는 무처리에 비하여 생육중기에는 낮은 경향이나 함량의 폭은 좁은편이다. 붕소함량은 타시험작물에서는 토양내 함량이 많을 경우 흡수량도 많으나 단감에서는 석탄회 시용으로 엽의 붕소함량이 미미하게 증가되었으며 일반적으로 40~50ppm 정도이다.

다. 특수성분 분석 및 수량조사.

표 4-12에서와 같이 석탄회 시용으로 낙과율이 무처리 41.4%에 비하여 7.07%가 적은 34.03%였으며 패각과 패각+석고 시용구에서도 낙과율이 높은 것은 토양의 붕소함량과 석회과다현상이 아닌가 생각된다. 과실 1개당 무게도 석탄회 시용구가 가장 수치가 높았으며 패각처리가 낮은 수치이다. 단감은 과수중 내산성과수로서 과량의 석회시용은 수량을 증가시키지 못하였다. 본시험에서도 석탄회 시용량이 많은 처리구가 무처리구에 비하여 7%, 석탄회+석고 시용구가 6.0% 증수를 나타내었다.

표 4-12. 개량재 처리별 수량.

처 리	주당낙과률(%)	주당착과률(%)	1개당 무게(g)	10a당 수량(kg)
무 처 리	41.40	58.60	158.07	1009.8(100)
패 각	42.69	57.31	154.87	989.4(98)
석 탄 회	34.33	65.67	169.77	1084.6(107)
석탄회+석 고	40.25	59.75	167.00	1066.9(106)
석 탄 회+ 석 고+패 각	39.08	60.92	166.46	1063.4(105)
패 각+석 고	42.26	57.74	159.07	1016.2(101)

(지수)3반복 평균치.

표 4-13. 수확한 과실의 성분.

처 리 명	성 분		비타민 C (-----mg/100g-----)	탄 닌
	수분(%)	당도(%)		
무 처 리	81.35	13.7	30.34	34.02
패 각	81.34	13.6	29.96	31.50
석 탄 회	81.67	13.7	30.60	32.76
석 탄 회 + 석 고	81.54	13.7	30.34	35.28
석탄회+석 고+ 패 각	81.50	13.7	29.72	31.50
패 각 + 석 고	81.35	13.5	30.34	34.02

표 4-13에서와 같이 개량재 처리간에 당도는 차이가 없으며 비타민-C는 패각처리에서 다소 낮은 수치를 나타내었으며 탄닌함량은 패각이 낮은 수치를 보였고 석탄회+석고와 무처리에서 다소 높은 수치를 나타내었다.

제 5장 밤에 대한 연구

제1절 서설

밤은 아시아, 유럽, 북아메리카, 북아프리카 등지에 자연 분포되어 이중 과실로 이용되고 있는 주요밤은 한국 밤, 일본 밤, 미국 밤 등이며 우리나라에서도 산지에 자연적으로 재배하여 오다가 1970년 이후 정부의 적극적인 장려로 재배면적이 급격히 증가됨에 따라 생산량도 증가되어 밤의 이용도 다양하게 되었다.

밤나무는 연평균 기온이 10~14℃로 4~10월간 평균기온이 16~20℃인 지역이 적당하며 토양은 심근성 과수로서 토심이 깊고 토양수분 및 유기물이 풍부하며 배수가 양호한 토양이 좋다.

우리나라에서는 남부지방에 밤재배를 많이하여 왔으며 특히 지리산 산록의 화강편마암지대 적갈색의 토양에 토심이 깊은곳에 재래종의 밤이 많이 재배되어 왔으며, 1970년 이후 도입종의 밤도 많이 재배되었다.

밤은 수분과 동시에 착과되어 결실되어지나 토양조건이 낙과와 밤의 결실에 영향을 많이 미친다. 특히나 산성이 강한 화강편마암 풍화토에서는 pH가 낮고 유효성분이 부족하며 특히 붕소의 함량이 낮은 것이 일반적이다. 이러한 지대에 본 개량재 시용은 밤의 생육과 동시에 밤의 결실에 좋은 영향을 줄 것으로 보아 본 연구를 실시하였다.

제 2절 연구방법

1. 밤(1)

표 5-1. 공시토양 분석(제 1시험지).

성분 처리	pH(1:5)		Av. P ₂ O ₅	Ex. Cation(me/100g)			B
	H ₂ O	N-KCl	(ppm)	K	Ca	Mg	(ppm)
표 토	4.5	4.0	45.7	0.78	2.59	0.99	1.16

- 시험지 : 하동군 적량면 동상부락
- 경작자명 : 김 한 철
- 수 령 : 10년
- 지 형 : 평탄
- 개량재 처리일자 : 1995. 3. 13
- 시험처리
 - ① 무처리
 - ② 패각 (400kg/10a)
 - ③ 석탄회 (8,000kg/10a)
 - ④ 석탄회 70%(5,600kg/10a) + 석고 30%(2,400kg/10a)
 - ⑤ 석탄회 50%(4,000kg/10a) + 석고 30%(2,400kg/10a) + 패각 20%(80kg/10a)
- 총주수 : 3주 × 5처리 = 15주
- 시험지 관리 : 농가관행
- 수확일 : 1995. 10. 7

2. 개량재 잔효 효과시험(1)

-전년도 처리에 의한 생육상태조사

3. 밤(2)

표 5-2. 공시토양 분석(제 2시험지).

성분 처리	pH(1:5)		Av. P ₂ O ₅	Ex. Cation(me/100g)			B
	H ₂ O	N-KCl	(ppm)	K	Ca	Mg	(ppm)
표 토	5.0	4.1	15.3	0.44	1.00	0.28	1.01

- 시험지 : 경남 하동군 양보면 감당리

- 경작자명 : 배 상 근
- 수 령 : 25년
- 지 형 : 산 지
- 개량재 처리일자 : 1995. 4. 22
- 시험처리
 - ① 무처리
 - ② 패각 (400kg/10a)
 - ③ 석탄회 (8,000kg/10a)
 - ④ 석탄회 70%(5,600kg/10a) + 석고 30%(2,400kg/10a)
- 총주수 : 3주 × 4처리 = 12주
- 시험지 관리 : 농가관행
- 수확일 : 1995. 10. 7

4. 개량재 잔효 밤재배(2)

-전년도 처리에 의한 생육상태

제 3절 연구결과

1. 제1시험지 (95년 하동적량면)

가. 개량재 처리에 따른 토양의 화학적 성질

강산성 토양으로 적황색의 점토분이 많은 식양토로서 내산성인 밤나무지만 pH 4.5의 산성을 중화시켜줌으로 밤나무의 생육이 양호할 것으로 생각된다. 개량재 시용으로 pH6.5~7.0까지 상승하였으며 잠산성도 무처리에서는 4.0정도에서 6.0~6.5까지 상승하였다. 따라서 가용성 인산함량도 무처리에서 45ppm 내외인 것이 개량재 처리로서 30~40ppm 증가되어 75~85ppm까지 증가되었으나 밤나무의 정상생육에는 인산이 부족한 편이다. 본시험지 토양에 pH를 상승시키지 않아 하고 인산질 비료를 시비하더라도 철, 알루미늄등 불용

성 인산물질의 용출관계로 유효인산의 증가폭은 시용한 인산질 비료에 비해 되지 않을 것이다. 치환성 칼리 함량은 무처리에 비하여 패각도 약간 증가되었으나 석탄회 시용으로 0.3~0.6me/100g 정도 증가되었으며 치환성 석회의 함량은 현저히 증가되었고 마그네슘 함량도 증가된 경향을 나타내었다. 활성철과 망간의 함량은 비슷하게 용출 되었으며 처리간에는 일정한 경향이 없다. 아연 역시 처리간에 일정한 경향은 없었다. 이들 성분은 토양 pH에 영향 되기도 하나 Eh 변화에도 가용화의 차이가 생긴다. 붕소함량은 석탄회 시용으로 현저히 증가되었으나 밤나무 흡수량에는 크게 영향이 없었다.

표 5-3-1. 시기별 토양-무기성분.

성분 처리명		pH		O.M (%)	Av. P ₂ O ₅ (ppm)	Ex.cation(me/100g)		
		H ₂ O	N-KCl			K	Ca	Mg
무 처 리	5.22	4.5	4.0	2.01	45.2	0.78	2.59	0.99
	9.21	4.5	4.0	2.53	44.1	0.64	3.01	1.00
	10.7	4.4	4.1	2.37	48.5	0.72	3.00	0.98
패 각	5.22	6.7	6.2	2.43	74.7	0.98	11.40	1.66
	9.21	6.5	6.0	2.39	74.7	0.88	11.00	1.70
	10.7	6.6	5.9	2.45	73.2	0.90	12.00	1.71
석 탄 회	5.22	6.9	6.4	2.75	84.3	1.08	8.81	3.02
	9.21	7.0	6.5	2.35	84.3	1.00	8.40	3.01
	10.7	7.4	6.6	3.35	84.3	1.00	8.84	2.90
석 탄 회 고	5.22	6.4	6.3	2.59	85.6	1.40	18.70	2.49
	9.21	7.1	6.5	3.12	85.6	1.40	18.00	2.51
	10.7	7.2	6.4	3.17	86.7	1.50	18.84	2.48
석 탄 회 고 패	5.22	6.6	6.4	3.12	87.8	1.08	26.50	2.99
	9.21	7.1	6.5	3.07	87.8	1.05	25.00	2.81
	10.7	7.2	6.5	3.16	88.8	1.10	26.40	2.78

표 5-3-2. 시기별 토양-무기성분.

처리명	성분 월일	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	B
		-----ppm-----					
무 처리	5.22	53.40	50.19	7.61	2.30	2.10	1.16
	9.21	50.29	50.77	7.12	2.27	2.00	1.16
	10.7	59.33	51.36	6.86	3.16	2.96	1.17
패 각	5.22	44.93	45.32	5.73	1.90	2.00	1.06
	9.21	47.74	45.12	5.96	2.04	1.50	1.09
	10.7	49.11	48.12	5.17	1.97	2.25	1.02
석 탄 회	5.22	55.75	50.03	7.79	2.45	2.30	3.02
	9.21	50.12	59.37	6.95	2.53	2.00	3.20
	10.7	57.09	51.92	6.93	2.59	2.54	3.10
석 탄 회 고	5.22	50.84	49.27	7.42	2.52	2.30	3.02
	9.21	55.95	53.84	7.54	2.47	1.90	3.10
	10.7	59.16	50.27	6.88	3.35	2.87	3.00
석 탄 회 고 각	5.22	53.40	49.91	7.57	2.32	2.10	3.10
	9.21	53.14	53.02	7.32	2.40	1.90	3.20
	10.7	60.27	55.14	7.36	3.76	2.97	3.00

나. 개량재 처리에 따른 수량성적

표 5-4. 처리에 따른 수량.

처리	성분	100립중(kg)	주당송이수(개)	1주당 수량(kg)
무처리		2.96	292	24.88(100.0)
패각		3.21	307	26.98(108.4)
석탄회		3.99	364	33.52(134.7)
석탄회+석고		3.70	316	31.13(125.1)
석탄회+석고+패각		3.50	308	29.42(118.2)

노목으로 자연고사되는 밤나무가 있었으며 본개량재 처리 밤나무의 수량은 표 5-4와 같이 개량재 무처리의 100립중이 4.26kg에 비하여 석탄회 시용은 100립중이 350g이 더 증가되어 수량으로 주당 34.7%가 증수되었다. 패각은 8.4% 증수에 비하여 석탄회 시용이 전반적으로 수량이 높은 것은 단지 석회에 의한 pH조정에서 밤나무의 생육이 좋은 것이 아니고 화강편마암 지대에서 부족하기 쉬운 붕소 및 기타 염류관계로 석탄회의 효과가 있는 것으로 생각된다. 100립중의 중량이 일반 평균치보다 높은 이유는 각 처리구마다 상품을 선택하였기 때문이다.

다. 밤나무 식물체 분석결과.

생육기간 개량재 처리에 의한 엽의 질소함량은 표 5-5와 같이 처리간 뚜렷한 차이가 없었으며 인산함량은 3회 분석치에서 패각 시용구에서 약간 낮은 수치를 나타내었다. 토양중 유효인산의 함량은 높으나 엽의 인산함량은 낮은 것은 타이온과의 관계 때문이라고 생각되어진다.

엽기의 함량도 개량재간 뚜렷한 차이가 없으며 패각 시용구에서 2, 3차 엽 분석에서 토양내 석회함량이 높은 수치이나 엽내 석회함량이 낮은 수치를 나타내었다. 아직 밤에 대한 시기별, 토양조건별 무기성분 흡수관계의 연구가 많지 않아 이런 문제는 계속해서 검토하여야 할 것이다.

엽내 패각시용으로 망간함량이 높은 것은 패각 시용으로 환원성 망간의 함량이 높은관계로 나타나는 현상이라고 생각되며 아연의 함량도 패각 시용으로 약간 높은 수치로 나타났으며 철분은 일정한 경향이 없었다. 석탄회 시용으로 토양내 붕소함량은 높게 나타났으나 밤나무-엽의 붕소함량은 무처리와 패각 시용구보다 생육후기에 2~3ppm정도 미미하게 함량이 증가되었다. 이러한 현상은 본 밤나무 토양에 붕소함량이 1.1ppm정도로 토양중 붕소결핍 상태가 아니기 때문이라 생각된다.

표 5-5. 시기별 식물체 무기성분.

처리	성분 월일	%					ppm				
		T-N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
무처리	5.22	1.87	0.15	2.01	0.23	0.28	120.6	714.0	5.2	8.0	24
	9.21	1.73	0.18	1.05	1.09	0.44	201.0	1001.4	21.2	11.6	31
	10.7	1.52	0.15	1.00	0.94	0.31	180.8	997.4	8.8	7.4	25
패각	5.22	1.80	0.14	1.68	0.19	0.27	140.0	1561.6	8.2	3.0	26
	9.21	1.72	0.17	1.09	1.02	0.34	186.8	1569.0	8.6	9.2	30
	10.7	1.55	0.15	0.93	0.96	0.27	176.0	1775.8	21.4	11.8	24
석탄회	5.22	1.85	0.16	1.95	0.21	0.27	235.0	1205.2	8.2	10.2	24
	9.21	1.75	0.17	1.00	1.12	0.43	152.8	1326.4	8.6	7.6	31
	10.7	1.53	0.16	0.85	0.94	0.28	130.0	1476.0	17.4	6.8	27
석탄회고	5.22	1.92	0.16	1.93	0.22	0.27	188.8	897.2	8.0	8.6	25
	9.21	1.80	0.18	1.14	1.07	0.43	240.2	1198.2	8.2	10.1	29
	10.7	1.50	0.15	0.95	0.89	0.35	301.6	1258.4	9.6	10.8	27
석탄회고각	5.22	1.87	0.16	1.99	0.21	0.27	255.0	945.4	9.5	10.0	27
	9.21	1.79	0.18	1.17	1.04	0.42	245.8	1801.8	2.6	10.4	30
	10.7	1.55	0.15	1.11	0.92	0.31	280.6	1229.4	14.6	8.0	25

2. 제 1시험지 잔효시험 결과(96년 하동적량).

가. 토양무기성분

표 5-6. 시기별 토양 무기성분합량.

처리	성분		A.v P ₂ O ₅ (ppm)	O.M (%)	pH		Ex.Cation(me/100g)			Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	B				
	원질	H ₂ O			N-KCl	K	Ca	Mg	-----ppm-----										
무처리	3.25	5.00	4.21	2.28	83.2	0.62	2.93	0.99	56.30	75.70	17.77	3.16	3.45	0.86					
	6.15	5.29	4.43	2.12	96.5	0.57	3.47	1.02	55.97	44.97	7.50	3.12	2.94	0.86					
	7.22	5.02	3.61	2.01	100.1	0.65	3.86	1.02	50.37	41.80	8.73	3.30	3.25	0.68					
패각	3.25	6.35	5.55	3.00	179.4	0.62	11.37	0.40	31.45	66.25	3.72	1.13	4.34	0.92					
	6.15	6.30	5.67	2.21	433.4	0.55	10.69	0.99	42.45	36.24	6.20	2.76	2.62	0.68					
	7.22	6.70	6.07	2.20	437.7	0.61	11.67	0.84	33.77	23.58	5.20	2.65	3.02	0.60					
석탄회	3.25	7.10	6.00	3.21	323.9	0.66	6.54	1.15	36.25	90.80	14.80	2.76	3.98	0.96					
	6.15	6.50	4.93	2.53	477.1	0.62	6.50	1.12	54.92	46.34	7.30	3.35	3.30	1.18					
	7.22	6.29	4.75	2.29	584.4	0.61	6.21	1.09	49.85	40.82	8.33	3.13	3.41	2.10					
석탄회고	3.25	6.17	5.49	3.31	356.3	0.65	12.39	0.23	45.12	99.60	16.54	5.56	3.04	0.80					
	6.15	5.73	5.17	2.91	429.2	0.65	10.92	0.94	55.84	43.95	7.14	3.29	2.95	1.16					
	7.22	5.67	4.95	3.53	594.4	0.64	18.08	1.09	52.80	43.12	9.18	3.51	3.15	2.24					
석탄회고각	3.25	6.90	6.49	4.09	491.1	0.73	13.03	0.50	37.94	93.15	19.59	2.92	3.03	0.82					
	6.15	6.08	5.76	2.09	563.9	0.52	11.47	1.07	50.29	44.24	6.97	3.07	2.75	0.95					
	7.22	5.78	5.22	3.21	430.0	0.72	9.81	1.04	47.79	39.26	8.08	2.85	3.13	0.88					

표 5-6에서 와 같이 95년도 개량재처리 잔효관계 시험으로서 pH변화는 잔효가 인정되며 pH는 6.5내외이며 개량재 무처리는 5.0으로 강산성을 나타낸다. 유효인산의 함량은 95년도 보다 높아 시비에 의한 인산이 개량재 처리로 인한 불용화율이 낮아 많은 양으로 나타난 것으로 생각됨. 밤재배 기간에 복합비료 시용관계로 토양중 치환성 칼리함량은 높은 편이며 본 토양성적으로 보아 앞으로 몇 년간 밤 재배시 복합비료를 시용치 않고 질소질 단비시용으로도 재배가 가능하다고 생각된다. 95년도 석탄회+석고, 석탄회+석고+패각 처리구에서는 석회의 과포화상태 였으나 96년도 잔효에서는 과잉의 석회는 유실, 용탈에 의하여 함량이 많이 감소되었으나 석탄회+석고 처리에서는 10~18 me/100g을 유지하고 있다.

마그네시움의 함량은 석회함량에 비하여 낮은편이나 일반 산지토양에서는 부족하지 않다. 철분의 함량은 개량재 무처리에서 약간 높은 경향이나 개량재 처리간에는 뚜렷한 차이가 없으며 생육초기보다 생육중기 이후에 철의 용출량이 많고 생육후기로 갈수록 가용성 망간의 함량이 낮은 경향을 나타내고 있다. 인체에 피해를 줄 수 있는 중금속성분인 Pb의 토양함량은 개량재 시용에 따른 증감의 변화는 크게 나타나지 않으며 석탄회 시용에 따라 토양중 중금속 변화는 없다고 보겠다.

토양중 수용성 붕소함량은 95년에 비해 감소되었으나 석탄회 시용으로 1~2ppm의 붕소함량을 유지하고 있으며 개량재 무처리에서도 붕소결핍증이 일어날 수 있는 토양은 아니다.

나. 수량조사

개량재 잔효효과에 의한 밤의 100립중 및 수량은 표 5-7에서와 같이 100립중이 무처리에서 1.93kg에 비해 석탄회 시용으로 650g의 차이가 인정되어 석탄회에 의한 증수량이 33.7%, 석탄회+석고가 24.9%, 석탄회+석고+패각 시용이 15.5%, 패각시용구가 5.5% 증수효과가 있었다.

표 5-7. 수량성적.

처 리 \ 성 분	100립중(kg)	주당송이수(개)	1주당 수량(kg)
무처리	1.93	250	9.65(100.0)
패각	2.12	245	10.18(105.5)
석탄회	2.58	250	12.90(133.7)
석탄회+석고	2.51	240	12.05(124.9)
석탄회+석고+패각	2.23	250	11.50(115.5)

96년은 밤의 생육과 수량이 평년작황에 밀들어 밤이 흉작이라고 한다. 따라서 본 시험성적도 95년에 비해 수량이 감소한 결과이다.

다. 식물체 무기성분.

잔효에 의한 엽의 무기성분 함량은 표 5-8과 같이 생육초기, 생육후기 같이 석탄회 시용으로 질소함량이 생육초기보다 후기에 약간 높은 편이며 인산의 함량은 95년도와 같이 패각 시용구가 낮은 수치를 나타내는 것은 패각시용에 의한 석회과량이 타엽기에 간섭을 적게 받아 불용성 인산이 많이 생성된 것이 아닌가 생각되며 석탄회에 의한 인산의 흡수량은 석탄회는 패각에 비하여 다종의 엽기가 함유되어 있어 토양유기물과 기타 타엽기에 의하여 인산의 불가급태를 감소시키는 결과가 아닌가 생각된다. 칼리함량은 시비에 의한 영향으로 개량재 시용에 따른 함량변화가 뚜렷하지 않으며 95년과 같은 경향을 나타내었다. 잎의 칼리 함량은 신엽초기인 5월에 함량이 높고 생육완성기인 7~9월에는 생육후기와 초기에 비하여 낮은 편이었다.

표 5-8. 시기별 식물체 무기성분합량.

성 분	T-N	P	K	-%			-ppm											
				Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B								
처리	월일																	
무	처리	5.10	1.95	0.20	1.73	0.18	0.33	171.0	423.0	15.0	혼적	27						
		7.16	1.87	0.18	0.66	0.54	0.36	425.6	631.4	28.8	혼적	34						
		9.19	1.54	0.17	1.12	0.81	0.27	355.7	526.3	16.3	혼적	29						
패	각	5.10	1.76	0.18	1.56	0.21	0.34	193.0	1776.0	21.5	혼적	30						
		7.16	1.83	0.15	0.91	0.44	0.26	340.8	1754.6	24.0	혼적	33						
		9.19	1.55	0.17	1.00	0.54	0.24	179.2	1591.4	22.4	혼적	29						
석	탄	5.10	1.97	0.20	1.98	0.21	0.35	196.0	729.0	16.5	혼적	28						
		7.16	1.91	0.20	0.75	0.81	0.35	277.2	915.4	22.4	혼적	37						
		9.19	1.59	0.18	1.11	0.78	0.26	303.6	887.6	17.9	혼적	30						
석	탄	5.10	2.03	0.17	1.83	0.17	0.36	147.5	965.0	15.0	혼적	27						
		7.16	1.81	0.19	0.77	0.81	0.34	459.0	1299.2	25.6	혼적	37						
		9.19	1.60	0.17	1.07	0.81	0.27	217.4	1011.7	20.3	혼적	25						
석	탄	5.10	1.83	0.17	2.01	0.19	0.26	184.5	622.0	13.5	혼적	29						
		7.16	1.77	0.20	0.87	0.93	0.35	272.4	1167.8	22.0	혼적	32						
		9.19	1.51	0.16	1.18	0.90	0.25	312.6	925.4	21.4	혼적	31						

엽의 석회함량은 개량재 처리간에는 일정한 경향이 없으며 칼리와 반대로 생육초기보다 생육후기에 함량이 높고 마그네시움은 9월까지 함량이 비교적 변화가 없다가 이후는 함량이 미미하게 낮은 경향이다. 철분의 함량은 처리간 일정한 변화가 없으며 토양조건에 따라 흡수량 차이가 많은 것으로 생각되며 망간은 95년도와 같이 패각 처리구에서 흡수량이 많았다. 패각처리구에서 흡수량이 많은 것은 패각에 의한 유기물의 분해등 환원성 망간의 함량이 높기 때문이라 생각된다.

붕소의 함량은 95년과 같은 결과로서 석탄회 처리로서 붕소함량이 생육완성기에서 많은 경향이나 초기와 후기는 뚜렷하지 않다.

3. 제 2시험지(1995년 하동 양보)

제 1시험지 보다 수령이 낮은 산록완경사지에 위치한 곳에 95년 개량재 처리와 96년 잔효효과를 본 결과 토양조건, 밤수량 및 엽의 무기성분 함량관계를 분석한 결과는 다음과 같다.

가. 토양조건

제 1시험지와 비슷한 강산성토양에 개량재 시용효과는 다음 표 5-9에서와 같이 pH 5.0~6.0까지 상승되었으며 패각, 석탄회 시용구가 석탄회+석고 시용구보다 약간 높은 것은 석고 때문이며 잠산성은 석탄회 시용구가 높게 나타났는데 이는 석탄회의 시용량이 많은 이유도 있겠지만 석탄회의 분말도가 미세하기 때문에 염기에 의한 pH 교정력이 크기 때문이며 패각은 분말도가 전체적으로 미세하지 않기 때문에 석회함량은 높지만 석회가용에 의한 중화력은 낮기 때문이라 생각된다. 원토양의 유효인산 함량이 낮은 이유와 인산고정을 시킬수 있는 성분관계로 유효인산함량이 대단히 낮다. 패각, 석탄회 시용구에서도 유효인산의 함량이 낮다. 치환성 칼리는 개량재 시용 초기보다 후기에 함량이 높은 것은 개량재의 분해와 복합비료의 시비에 기인된 것으로 생각된다. 석탄회와 석탄회+석고 시용에 의한 치환성 칼리함량이 패각보다 증가된 것은 석탄회의 칼리 함량관계로 보겠다.

표 5-9. 시기별 토양 무기성분함량.

처리	성분	pH		O.M (%)	A.v P ₂ O ₅ (ppm)	Ex.Cation(me/100g)			Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	B
		H ₂ O	N-KCl			K	Ca	Mg						
		(------ppm-----)												
무처리	6.10	5.0	4.1	2.3	15.2	0.45	1.41	0.28	47.83	45.90	1.09	0.54	혼적	0.60
	9.10	5.1	4.1	2.0	16.8	0.43	1.12	0.30	40.50	51.79	1.33	0.86	혼적	0.60
	10.7	5.0	4.0	2.4	15.0	0.54	1.11	0.26	53.75	50.27	3.14	1.44	혼적	0.72
폐각	6.10	6.1	4.4	3.2	28.2	0.33	9.01	0.16	34.91	36.81	1.17	0.84	혼적	1.21
	9.10	6.1	4.5	3.5	25.1	0.63	9.80	1.26	28.77	46.12	1.02	0.94	혼적	1.26
	10.7	6.2	4.5	3.2	25.7	0.78	8.98	1.34	48.21	49.14	2.77	1.20	혼적	0.99
석탄회	6.10	6.2	5.2	3.6	25.4	0.65	7.46	1.24	34.41	52.80	4.76	0.86	혼적	3.20
	9.10	6.2	5.4	3.8	29.5	1.12	8.80	2.43	36.12	57.08	5.51	0.66	혼적	3.70
	10.7	6.1	5.4	3.7	27.8	1.32	8.30	2.11	55.93	51.99	3.02	1.49	혼적	3.60
석석	6.10	6.0	5.0	3.3	29.3	0.83	17.59	0.25	109.40	39.58	0.39	0.46	혼적	3.10
	9.10	6.0	4.9	3.3	29.6	1.44	15.02	2.25	83.77	50.80	1.01	0.84	혼적	3.20
	10.7	6.0	4.7	3.4	28.1	3.40	14.62	2.31	61.86	55.24	3.39	1.45	혼적	3.00

치환성 석회는 패각이 약 8me/100g, 석탄회가 7me/100g, 석탄회+석고 처리구가 14me/100g으로 함량이 증가되었다. 석탄회와석고 처리는 석회의 과포화 상태이나 석고에 의한 pH는 6.0정도로서 석탄회 시용구보다 낮은 수치를 나타내었다.

본 시험지 토양은 마그네슘이 부족한 토양으로 개량재 처리로 인해 1~2me/100g이 증가하였다. 활성철분의 함량은 생육초기, 중기에 석탄회+석고 처리구가 높은 수치를 나타내었고 이는 석회과다에 의한 유기물 분해와 석회과다에 의한 환원상태의 철분이 유리된 것이 아닌가 본다. 망간함량은 개량재 처리에 의해 큰 변화는 없으나 생육후기에 석탄회+석고 시용구에서 함량이 높고 아연과 구리는 처리간에는 큰 변화가 없으며 납의 함량은 미량이며 수용성 붕소함량은 타시험지와 같이 식물생육에 적정한 3ppm정도로 증가되었다.

나. 수량성적

표 5-10. 처리별 수량성적.

처 리 \ 성 분	100립중(kg)	주당송이수(개)	1주당 수량(kg)
무처리	3.20	276	17.65(100.0)
패각	3.22	304	19.56(118.2)
석탄회	3.40	349	23.70(134.3)
석탄회+석고	3.24	285	18.49(104.6)

수량성적은 표 5-10에서 보는 바와 같이 석탄회 시용구가 100립중이 3.4kg으로 높고 석탄회+석고, 패각 순이다. 1주당 수량은 석탄회 시용으로 34.2%, 패각 시용으로 18.2%, 석탄회+석고+패각이 4.6%의 증수로서 석탄회 효과가 현저하였다.

표 5-11. 시기별 식물체 무기성분함량.

처리	성분 월령	(%)						(ppm)					
		T-N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B		
무처리	6.10	2.03	0.14	1.83	0.38	0.40	271.0	713.6	11.8	혼적	35		
	9.10	1.83	0.15	1.24	0.92	0.43	196.6	1061.8	15.8	혼적	44		
	10.7	1.64	0.15	1.17	0.80	0.37	159.2	1097.2	16.0	혼적	36		
패각	6.10	1.95	0.13	1.70	0.34	0.36	46.8	722.8	11.6	혼적	35		
	9.10	1.75	0.15	1.17	0.83	0.37	337.4	1065.0	43.8	혼적	39		
	10.7	1.47	0.13	1.08	0.76	0.34	128.8	1121.4	18.6	혼적	31		
석탄회	6.10	2.14	0.14	1.88	0.37	0.40	55.4	684.6	18.2	혼적	36		
	9.10	1.91	0.15	1.30	0.96	0.42	190.6	969.6	24.4	혼적	47		
	10.7	1.67	0.15	1.16	0.85	0.36	248.8	1038.0	33.6	혼적	40		
석탄회고	6.10	2.05	0.14	1.90	0.39	0.32	89.0	789.0	15.0	혼적	35		
	9.10	1.83	0.16	1.19	0.89	0.42	211.6	1351.2	39.4	혼적	42		
	10.7	1.60	0.16	1.18	0.81	0.37	180.2	1434.8	22.6	혼적	40		

패각 시용은 엽의 질소함량이 낮고 무처리와 석탄회 시용이 비슷한 함량을 나타내었다. 패각시용이 낮은 것은 일시적인 알칼리에 의한 시비질소의 손실 때문이 아닌가 생각된다. 인산의 함량은 처리간 차이가 없으며 이는 복합비료의 시비관계로 생각되며 칼리의 함량은 석탄회 시용구에서 다소 높은 것은 석탄회의 칼리함량 때문인 것으로 생각된다. 6월10일 조사에서 무처리의 철분함량이 높은 것은 pH가 낮아 철의 용출량이 많기 때문이라 생각되며 망간, 아연은 처리간 함량차이가 없었으며 붕소함량은 생육후기에 석탄회 처리로서 다소 높은 수치이다.

4. 제 2시험지 잔효시험(1996년 하동 양보)

가. 토양조사

95년도 처리한 개량재에 의한 잔효시험으로 표 5-12에서 보는 바와 같이 pH와 유효인산은 잔효효과가 인정되었다. 그러나 인산의 함량은 적량면 시험지보다 현저히 낮으며 이러한 이유는 적량면은 다년간 시비에 의한 인산이 축적된 상태이고 본시험지는 가용화 될 수 있는 인산이 부족하기 때문이라 생각된다. 치환성 석회와 마그네시움 함량은 개량재 시용에 의한 높은 함량으로 잔효의 효과가 인정되며 치환성 석회는 95년 시용당시보다 토양중 함량이 증가된 것은 시용개량재에서 석회의 용출량이 증가되었기 때문이라고 생각된다.

석탄회 시용에 의한 철분의 함량이 생육후기로 갈수록 증가된 경향을 나타내고 있으며 이는 석탄회 시용으로 활성철 생성을 촉진시키는 결과라 생각된다. 처리에 의한 아연과 망간, 구리의 함량은 일정한 경향이 없으며 수용성 붕소함량은 석탄회 시용으로 2~3ppm 증가된 경향을 나타내었다.

표 5-12. 시기별 토양 무기성분함량.

처리	성분			A.v P ₂ O ₅ (ppm)	Ex.Cation(me/100g)			Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	B					
	pH	O.M (%)	K		Ca	Mg	-----ppm-----											
							H ₂ O							N-KCl	Mg	Ca	Mn	Zn
	3.25	4.6	2.7	42.6	0.47	3.24	0.94	57.23	50.35	3.27	1.21	혼적	0.61					
무처리	6.15	4.0	2.9	37.9	0.52	2.93	0.71	63.19	49.24	3.02	1.35	혼적	0.57					
	7.22	4.3	2.3	40.7	0.53	3.77	0.97	57.38	52.09	3.19	1.35	혼적	0.60					
	3.25	5.7	2.6	40.2	0.40	14.67	1.32	50.14	50.72	3.14	3.14	혼적	0.59					
패각	6.15	5.9	3.3	37.9	0.52	2.93	0.71	55.32	53.97	2.77	1.19	혼적	0.56					
	7.22	6.2	2.1	40.1	0.52	13.72	1.03	59.24	49.44	3.34	1.34	혼적	0.73					
	3.25	5.4	2.9	83.9	0.63	7.37	1.26	79.46	55.75	3.15	3.15	혼적	2.74					
석탄회	6.15	5.9	3.2	75.9	0.63	6.75	1.14	104.31	63.92	3.97	1.37	혼적	3.36					
	7.22	5.6	2.4	85.6	0.69	6.98	1.07	113.17	69.59	8.47	1.67	혼적	2.96					
	3.25	5.2	2.9	77.4	0.60	26.47	1.36	66.37	52.71	3.10	3.10	혼적	2.32					
석탄회고	6.15	4.7	2.9	87.3	0.56	29.14	1.27	99.27	67.27	5.31	1.24	혼적	3.17					
석탄석	7.22	4.9	2.6	74.7	0.57	35.27	1.42	102.31	67.24	5.52	1.32	혼적	2.14					

나. 수량조사

표 5-13. 처리별 수량.

처 리 \ 성 분	100립중(kg)	주당송이수(개)	1주당 수량(kg)
무처리	2.53	263	13.31(100.0)
패각	2.49	268	13.35(100.3)
석탄회	2.61	362	18.90(142.0)
석탄회+석고	2.59	357	18.49(138.9)

양보면의 밤수량은 석탄회 시용구가 42.0% 증수되었으며 석탄회+석고 시용구는 38.8% 증수하였으나 패각은 무처리와 수량차이가 나타나지 않았다. 이러한 현상은 밤나무는 산성토양에 강하기 때문에 석회 단용으로 pH상승만으로 생육과 수량이 증가되지 않는다는 결과이며 석탄회는 종합염기와 미량원소의 함량으로 수량이 증가되는 것으로 생각된다.

3)식물체 조사결과

95년도와 같이 패각 시용이 엽내 질소함량이 낮으며 석탄회와 무처리는 비슷한 경향이다. 엽의 인산함량은 생육초기, 중기가 높고 후기로 갈수록 함량이 떨어지며 개량재 시용간에는 뚜렷한 차이가 없었다. 칼리함량 역시 생육 후기로 갈수록 함량이 낮으며 생육초기에는 석탄회에 의한 칼리함량이 증가되었다. 철분함량은 95년도와 같이 패각 시용구에서 함량이 낮으며 무처리에 서 가장 높고 석탄회 시용구는 석탄회+석고 시용구보다 다소 높은 함량을 보였다.

표 5-14. 시기별 식물체 무기성분함량.

성분	T-N	P	K	%				ppm			
				Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B	
처리	5.10	2.03	0.17	1.93	0.26	0.38	179.3	937.3	14.3	혼적	35
무	7.16	1.84	0.18	1.25	1.07	0.37	447.8	1277.4	25.2	혼적	38
처	9.19	1.62	0.15	1.22	0.92	0.30	143.2	1023.2	17.6	혼적	29
리	5.10	2.00	0.18	1.92	0.29	0.36	103.1	625.9	12.0	혼적	33
패	7.16	1.83	0.19	1.29	1.16	0.32	91.2	872.4	12.2	혼적	37
각	9.19	1.57	0.14	1.17	0.96	0.25	116.7	694.3	20.3	혼적	26
석	5.10	2.13	0.20	2.00	0.28	0.42	153.6	874.3	21.3	혼적	35
탄	7.16	1.85	0.20	1.22	1.11	0.36	325.4	1047.0	33.4	혼적	42
회	9.19	1.64	0.16	1.26	0.98	0.32	153.8	996.4	20.7	혼적	28
회	5.10	2.04	0.20	1.99	0.25	0.37	105.2	532.7	11.2	혼적	34
고	7.16	1.89	0.19	1.27	1.12	0.31	121.2	607.2	10.4	혼적	39
석	9.19	1.67	0.16	1.24	0.94	0.31	136.2	543.9	13.2	혼적	30

제 6장 토양과 식물체 중금속함량

제 1절 토양의 중금속함량.

현재 국내 10개 화력발전소에서 소비하는 석탄은 무연탄이 2,502천톤이고 유연탄이 18,834천톤으로 모두 21,336천톤이 96년에 소비될 예정이며 여기서 생성되는 석탄회는 3,127천톤을 예상하고 있다. 현재 석탄회의 용도는 시멘트 혼화용과 기타 건축용으로 석탄회 발생량의 10%정도 활용하고 있으며 앞으로 활용도는 증가 될 것으로 생각된다. 그러나 해마다 석탄회의 생성량이 증가되는 이상 석탄회의 대량소비는 농업적인 분야를 생각하지 않을 수 없다. 1988년부터 석탄회를 농업적으로 대량 이용하는 방법을 모색한 바 현재 까지 여러 연구기관으로부터 연구하여 왔으며 그 연구결과 대부분이 토양개량 효과와 작물중수 효과가 있다고 발표되었다.

그런데 이상하게도 석탄회로서 연구한 분들은 석탄회 시용에 토양의 중금속 오염과 작물에 중금속 함유량에 아무런 상관이 없다고 하는데 환경분야에서 대량으로 연용할 때는 중금속 문제가 있지 않을까 생각하여 아직까지 법적인 면에서 토양개량재로서 사용하지 못하게 되어 있는 줄 알고 있다.

석탄회는 알카리성이기 때문에 대량 연용할 필요도 없으며 본인이 300평당 12톤을 3년간 연용하여도 알카리에 의한 벼의 초기 생육이 약간 문제가 있었으나 이앙 2~3주 후에는 회복되었으며 중금속의 분석결과도 무처리와 같은 함량으로서 석탄회 시용으로 증가하는 경향이 없었다. 단 외국에서 수입될 때 석탄매장의 산지에 금속성분들의 차이는 있는 것이며 이는 석탄회 매장주위 암석풍화물의 성질에도 관계있으며 석탄화 될때 식물의 종류에도 관계가 있다고 생각된다. 그러나 이는 석탄의 수입산지가 바뀌어 질 때는 그 석탄과 석탄회를 분석하여 보면 쉽게 회(灰)의 농업적이용 가능, 불가능을 알 수 있다.

표 6-1은 국내산 무연탄과 수입용 유연탄의 재(灰)의 무기성분 분석치로서 중금속은 문제가 되지 않는다.

표 6-1. 0.5N-HCl 가용성 성분함량.

중 성 분 종 류	-----%-----										-----ppm-----						
	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mn	B ₂ O ₃	Cu	Zn	Mo	Cd	Pb	Cr	
보령 유연탄회	1,164	224	30	2.85	0.37	1.15	0.98	1,671	100	285.8	11.6	11.1	1.9	0	2.5	18.2	
영월 무연탄회	1,224	131	32	0.32	0.06	0.14	0.11	961	18	47.3	3.7	3.0	3.0	0	0	1.2	
호남 여천 원탄회	565	66	89	0.46	0.05	0.02	0.01	696	15	6.6	2.4	3.5	0.9	0	0	0	
삼천포 유연탄회	1,935	35	16	0.56	0.09	0.12	0.19	338	26	27.0	3.1	13.8	4.6	0	0	0	
영동 무연탄회	717	1,220	213	0.21	0.03	0.16	0.11	815	7	80.6	7.1	2.8	6.7	0	0	2.7	
서천 무연탄회	587	396	79	0.23	0.01	1.10	0.08	407	23	44.4	1.0	0.7	1.7	0	0	2.2	
보령 무연탄회	9,170	109	27	3.57	0.31	1.32	1.02	1,534	110	321.6	12.1	11.8	1.7	0	0	18.9	
영월 무연탄회	843	129	29	0.29	0.03	0.14	0.10	711	17	49.8	2.8	2.8	0.7	0	0	0.87	

(석탄회의 농업적 활용기초연구)

표 6-2는 본인이 3년간(91~93) 경남 산청군 생비량의 일반농가 포장에 1년, 2년연속, 3년연속 무연탄과 유연탄 재 시용에 따른 벼시험에 사용한 석탄회 원료분석으로 Cd, Pb, Cr 등의 함량이 토양에 시용하여도 문제가 될 함량이 아니다. 환경처의 농경지 토양오염 기준치가 Cd 1.5ppm, Cu 50ppm, As 6ppm, Hg 4ppm, Pb 100ppm, Cr⁺⁶ 4ppm으로 규정되어 있어 규정함량에 미달이다.

표 6-2. 시용석탄회(1~3년차)의 중금속 함량 (0.1N-HCl 가용성)

성분 처리	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Cr	Fe	Mn	
	(-----ppm-----)								
1년차	무연탄회	nd*	2.63	2.09	7.37	3.41	7.78	256.05	4.23
	유연탄회	0.204	9.79	2.55	63.75	4.10	4.01	212.63	22.28
2년차	무연탄회	0.127	4.72	1.09	3.78	3.21	6.77	315.47	22.34
	유연탄회	0.157	9.11	0.72	4.75	3.45	5.96	292.49	15.33
3년차	무연탄회	nd	4.45	1.60	3.08	1.96	4.67	314.60	18.65
	유연탄회	0.125	5.27	2.66	5.73	3.67	6.60	19.66	37.31

*not detection.

(94년 토양개량제로서 석탄회 이용 연구)

표 6-3은 상기 무연탄회와 유연탄회를 시용량을 달리하여 벼를 재배한 후 토양중 중금속 함량을 분석한 수치로 무연탄회의 표토에서 석탄회무처리와 12톤 처리한구와 중금속함량을 비교한 결과 철분만이 증가되고 Cd나 Pb의 함량 차이가 없고 Cr이 12톤 시용으로 0.09ppm 증가된 결과이다.

표 6-3. 벼재배시 무연탄, 유연탄 시용량에 따른 토양중 중금속 함량.

성분 처리		Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Cr	Fe	Mn	
		(-----ppm-----)								
무연탄	표토	0톤	0.157	3.882	3.945	3.725	1.345	0.253	367.37	15.47
		4톤	0.115	3.210	2.277	3.603	1.230	0.288	512.05	12.77
		8톤	0.118	3.475	2.667	3.490	1.230	0.288	536.15	12.38
		12톤	0.110	3.741	2.334	3.748	1.345	0.363	530.12	12.67
	심토	0톤	0.095	3.430	2.778	2.532	0.887	0.225	361.45	21.44
		4톤	0.087	3.742	2.722	2.627	0.738	0.345	608.43	19.44
		8톤	0.055	3.833	3.056	2.727	0.777	0.262	596.39	33.67
		12톤	0.063	3.802	2.445	2.935	0.794	0.235	590.04	21.37
유연탄	표토	0톤	0.130	3.412	1.945	4.285	0.777	0.352	317.47	13.98
		4톤	0.112	4.635	3.223	4.940	1.325	0.525	294.18	23.49
		8톤	0.137	4.342	4.445	4.867	0.268	0.462	391.57	23.96
		12톤	0.155	4.579	5.056	5.522	2.122	0.843	303.25	23.96
	심토	0톤	0.095	3.690	5.111	3.138	0.797	0.267	385.44	22.00
		4톤	0.078	3.490	5.945	2.761	0.890	0.350	391.57	21.07
		8톤	0.115	3.692	5.834	3.148	0.738	0.644	439.76	24.24
		12톤	0.093	3.953	4.945	2.974	0.718	0.272	560.24	21.63

유연탄에서도 Cd은 증가 경향이 없으나 Pb는 8톤 시용, 12톤 시용에서 무처리에 비하여 3~4ppm 증가된 경향이며 심토에서는 유연탄회 무처리에서도 5.11ppm이 나타났다. Pb은 농경지 토양오염 우려 기준치가 100ppm이상이다.

표 6-4. 배추재배지 사양토와 식양토의 중금속함량 (1995년).

성 분		Cu	Cd	Zn	Pb
		(-----ppm-----)			
진 주 사 양 토	무처리	0.70	0.09	2.33	0.95
	패각	0.62	0.10	2.37	0.97
	석탄회	0.75	0.11	2.60	1.07
	석탄회+석고	0.68	0.10	1.53	0.73
	석탄회+석고+패각	0.87	0.13	2.70	1.00
밀 양 식 양 토	무처리	3.70	0.20	4.48	1.95
	패각	0.68	0.18	2.40	5.30
	석탄회	1.20	0.20	5.00	1.80
	석탄회+석고	2.80	0.25	6.30	4.60
	석탄회+석고+패각	1.60	0.25	4.80	4.50

표 6-4은 95년 봄 밀양 일반농가 포장에 개량재 시험한 토양의 수확후 중금속 함량이다. 밀양 식양토에서 개량재 무처리가 Cu 3.70, Cd 0.20, Zn 4.48, Pb 1.95ppm 함량이며 석탄회 시용으로 Cu는 1.20, Cd 0.20, Zn 5.00, Pb 1.80ppm으로 함량을 나타내었으며 아연이 0.52ppm 증가 되었으며 구리는 오히려 감소되었다. 진주 사양토에는 무처리와 개량재 처리구간의 차이가 없으며 석탄회 시용에 의한 중금속 증가는 인정될 수 없는 결과이다.

제 2절 개량재 시용에 의한 작물의 중금속함량.

표 6-5는 본인이 3년간(91~93) 석탄회시용 벼재배 시험에서 년차별로 현미중 중금속 함량을 분석한 결과이다. 우리가 가장 우려하고 있는 Cd함량이 유연탄 무시용이 현미중 0.072ppm 그리고 매년 300평당 12톤의 유연탄회 시용 즉 3년간 36톤을 시용한 처리구가 0.061ppm 으로 0.011ppm 낮아졌으며 무

연탄회의 경우도 무시용이 0.061ppm인데 비하여 3년간 36톤을 사용한 구는 0.083ppm으로 0.022ppm이 증가되었다. 환경기준법에 현미중 Cd의 농도가 1ppm이상일 때 작물재배 불가능이라고 한다. Cr도 유연탄에서 무시용이 0.513ppm이고 3년에 36톤 처리구가 0.560ppm으로 0.017ppm이 증가되었다.

무연탄에서는 Cr이 무시용이 0.467ppm이고 3년 연용이 0.470ppm으로서 0.003ppm이 증가되었다.

표 6-5. 사양토에서 유연탄과 무연탄 연용에 따른 현미중 중금속함량.

성 분		Fe	Mn	Cu	Zn	Ni	Cd	Cr	Pb
		(-----ppm-----)							
처 리	0톤/10a	9.98	8.63	1.450	15.42	0.700	0.072	0.513	0.482
	유 연 탄 회	12톤/10a	6.06	9.65	1.600	15.30	0.620	0.083	0.537
12톤+12톤/10a		7.23	10.85	1.780	15.68	0.600	0.083	0.490	1.109
12톤+12톤+12톤/10a		6.38	9.87	1.800	26.43	0.540	0.061	0.560	0.338
무연탄		0톤/10a	9.15	11.71	1.848	17.30	0.789	0.061	0.467
무 연 탄 회	12톤/10a	11.35	9.68	1.565	13.96	0.685	0.091	0.537	0.506
	12톤+12톤/10a	7.74	9.13	1.521	11.47	0.664	0.109	0.443	0.289
	12톤+12톤+12톤/10a	10.50	10.59	1.500	14.34	1.100	0.083	1.470	0.458

(토양개량재로서 석탄회 이용연구)

그런데 무연탄회 12톤을 2년 연용, 즉 24톤을 사용한 구는 0.109ppm이었다. 이러한 결과로 보아 석탄회 시용에 의한 중금속오염에 대해서는 그 결과가 석탄회를 시용 또는 연용하므로써 증가되는 경향을 볼 수 없다.

표 6-6은 작물별 식물체의 중금속함량 분석치로서 봄배추 내엽의 Cd의 경우 무처리구가 0.47ppm인데 비하여 석탄회 시용구가 0.39ppm으로서 석탄회 시용으로 오히려 Cd가 0.08ppm이 감소되었다.

표 6-6. 시험작물별 엽중 중금속함량.

성 분 처 리		Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cr	Cd	Ni
		(-----ppm-----)							
봄배추 내엽 (96.6)	무처리	236.21	36.98	36.54	5.13	1.01	3.87	0.47	10.54
	패각	455.06	29.63	62.70	9.27	0.96	5.25	0.41	9.89
	석탄회	321.67	13.17	27.33	2.67	0.77	3.17	0.39	6.27
	석탄회+석고	198.33	23.33	40.00	6.67	0.57	3.97	0.43	7.98
	석탄회+석고+패각	151.67	20.33	38.50	3.00	0.48	4.92	0.41	9.47
봄배추 외엽 (96.6)	무처리	203.33	75.00	62.17	6.00	1.05	1.02	0.39	6.77
	패각	292.11	57.63	41.05	7.37	1.79	2.95	0.64	11.05
	석탄회	208.33	36.17	26.00	4.50	0.65	1.97	0.43	8.83
	석탄회+석고	245.00	32.00	21.83	3.83	0.57	2.25	0.47	6.78
	석탄회+석고+패각	350.00	38.17	27.83	4.67	0.58	0.80	0.45	8.67
가을배추 내엽 (95.10)	무처리	82.35	19.71	38.53	5.59	1.21	3.59	0.72	11.97
	패각	219.27	22.27	41.32	5.18	0.95	6.23	0.55	12.10
	석탄회	127.45	18.44	34.48	6.09	1.43	3.54	0.47	10.34
	석탄회+석고	96.49	14.33	38.89	6.73	0.99	7.28	0.70	14.68
	석탄회+석고+패각	263.89	35.65	31.48	5.56	3.01	10.42	1.15	19.07
진주 마늘엽 (96.6)	무처리	205.88	45.40	6.67	3.23	흔적	2.08	0.53	1.85
	패각	352.94	48.08	8.67	3.23	흔적	2.08	0.53	3.70
	석탄회	279.41	28.54	9.67	2.69	흔적	2.08	0.53	2.78
	석탄회+석고	210.78	11.68	4.67	3.23	흔적	2.08	0.53	2.78
	석탄회+석고+패각	279.41	48.47	9.67	3.76	흔적	2.08	0.70	1.85

표 6-7. 시험작물별 엽의 중금속함량.

성 분 처 리		Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cr	Cd	Ni
		(-----ppm-----)							
진주 마늘엽 (96.6)	무처리	500.00	95.5	11.07	3.76	혼적	2.08	0.35	혼적
	패각	774.51	113.0	5.67	4.30	2.08	3.47	0.35	1.85
	석탄회	352.94	78.5	10.67	3.76	혼적	2.78	0.18	혼적
	석탄회+석고	397.06	181.9	1.67	3.76	혼적	2.78	0.35	혼적
진주 단감엽 (96.7)	무처리	53.92	1244.9	29.67	3.76	혼적	1.39	0.18	3.70
	패각	73.53	1513.2	21.67	3.76	혼적	2.08	0.18	2.78
	석탄회	58.58	2049.6	20.67	3.76	혼적	2.08	0.18	7.41
	석탄회+석고	63.73	2126.3	20.67	3.76	혼적	2.08	0.18	6.48
	석탄회+석고+패각	34.31	2202.9	16.67	3.76	혼적	2.08	혼적	5.56
	패각+석고	39.22	2126.3	25.67	3.76	혼적	2.08	혼적	4.63
진주 단감엽 (96.9)	무처리	49.02	1743.1	21.67	3.23	혼적	2.08	0.35	3.70
	패각	58.82	2011.3	13.67	3.23	혼적	2.08	혼적	1.85
	석탄회	58.82	2662.7	27.67	3.76	혼적	1.39	0.18	5.56
	석탄회+석고	63.73	3007.5	21.67	3.76	혼적	1.39	0.18	5.56
	석탄회+석고+패각	34.31	2739.3	20.67	3.76	혼적	1.39	0.18	4.63
	패각+석고	34.31	2662.7	21.67	3.76	혼적	1.39	0.18	4.63
사천 단감엽 (95.9)	무처리	93.14	1053.4	9.67	2.69	혼적	2.08	0.18	3.70
	패각	88.23	785.2	11.67	2.15	혼적	2.08	0.18	4.63
	석탄회	49.02	631.9	5.67	2.15	혼적	1.39	혼적	1.85
	석탄회+석고	53.92	823.5	9.67	2.15	혼적	2.08	0.18	2.78
사천 단감엽 (96.7)	무처리	39.22	555.3	8.67	2.69	혼적	2.08	0.18	4.63
	패각	49.02	708.5	11.67	2.15	혼적	2.08	0.18	3.70
	석탄회	44.12	516.9	11.67	1.61	혼적	1.39	0.18	1.85
	석탄회+석고	44.12	478.6	24.67	2.69	혼적	1.39	혼적	2.78

봄배추 외엽의 무처리에서 Cd가 0.39ppm이었고 석탄회 시용이 0.43ppm, 석탄회+석고 시용이 0.47ppm으로서 무처리에 비하여 각각 0.04, 0.08ppm이 증가되었다. 가을배추 내엽의 무처리에서 Cd가 0.72ppm, 석탄회 시용으로 0.47ppm으로 0.25ppm이 감소 되었으나 석탄회+석고+패각 시용구가 1.15ppm으로서 0.65ppm이 증가되었다.

진주 마늘엽에서 무처리가 Cd 0.53, 석탄회 0.53이었고 진주 단감엽의 개량재 무처리에서 Cd가 0.35ppm, 석탄회 0.18ppm으로 석탄회 시용으로 감소되었고 사천 단감엽에서 무처리가 Cd 0.18ppm, 석탄회 시용으로 흔적을 나타내었다. 이와 같이 석탄회를 10a당 8톤을 사용하였지만 중금속중 가장 문제되는 Cd의 증가 경향이 나타나지 않으며 토양의 조건에 따라 중금속간의 착염 및 기타 가용성 또는 불용성에 의하여 흡수량의 차이가 생기는 것으로 생각된다.

Cr에 있어서도 봄배추 내엽에서 무처리 3.87ppm인데 비하여 석탄회 시용이 3.17ppm로 감소되었고 외엽에서도 무처리 1.02ppm인데 비하여 석탄회 시용이 1.97ppm으로 0.95ppm증가를 나타내었고 진주 마늘엽에서 무처리가 Cr 2.08ppm인데 비하여 석탄회 처리가 2.78ppm으로 0.70ppm이 증가되었다. 진주 단감엽에서 무처리가 Cr 2.08ppm인데 비하여 석탄회 처리가 1.39ppm으로서 0.69ppm이 감소되었다.

이런 결과로 보아 Cr 역시 석탄회에 의해서 작물이 흡수하는 중금 속의 양이 증가 된다고 볼 수 없다. 중금속중 개량재 무처리에서 Mn의 흡수 증가 경향은 망간의 가용화가 증가되기 때문이다.

제 7장 시험 결과 요약

석탄회(灰)를 주개량재로 여기에 석고 30%와 패각 20%를 각각 첨가하고 석탄회의 대비구로서 패각을 처리한 구와 합쳐 5개 처리로서 밀양에 시설봄배추, 진주에 노지가을배추와 가을배추의 잔효로 다음해 봄배추와 마늘, 단감, 사천에 마늘, 단감 그리고 하동의 2곳에 밤 등 7개지역에 4개 작물을 2개년(95~96)간 농가포장을 차지하여 석탄회를 비롯한 석고, 패각 등이 토양개량과 작물생육에 미치는 바를 요약하면 다음과 같다.

1. 토양개량

- 1) 석탄회와 패각시용으로 토양 pH는 6.5~7.0까지 상승하였다.
- 2) 석탄재에 석고첨가는 치환성 석회량은 증가되었으나 생육후기로 갈수록 pH는 낮아지는 경향이였다.
- 3) 석탄회 시용으로 가용성 인산함량이 현저히 증가되었다.
- 4) 석탄회와 패각 시용으로 치환성 석회가 현저히 증가되었다.
- 5) 석탄회 시용으로 치환성 칼리가 증가되었다.
- 6) 석탄회 시용으로 치환성 마그네슘함량도 증가되는 경향이였다.
- 7) 석탄회 처리로 수용성 붕소함량이 현저히 증가되었다.
- 8) 석탄회 처리로 미생물의 수가 증가되었고 특히 방선균이 증가되었다.
- 9) 석탄회, 패각 처리로 활성철, 망간이 감소 경향이였다.
- 10) 석탄회 시용으로 토양중 중금속 함량은 증가되지 않았다.

2. 작물생육

- 1) 석탄회 처리로서 배추의 생육이 양호하였다.
- 2) 석탄회 처리로 밀양 시설봄배추는 석회결핍증이 없었으나 무처리는 석회

결핍증과 동시에 추대현상이 발생하였다(사진참조).

- 3) 석탄회 처리로 배추의 붕소함량이 증가하여 붕소결핍증이 없었다. 진주 지역에서 무처리는 붕소결핍증이 많이 발생하였다.
- 4) 패각 처리구도 붕소결핍증이 심하게 나타났다(사진참조).
- 5) 석탄회의 배추에 대한 잔효효과가 크게 나타났다.
- 6) 석탄회 처리로 배추는 환원당, 비타민 C 함량이 증가되었다.
- 7) 석탄회 처리로 배추의 조섬유함량이 감소되어 품질이 양호하였다.
- 8) 석탄회 처리로 마늘의 생육과 구경이 증가되었다.
- 9) 패각 시용이 마늘의 엽수를 증가시켰다.
- 10) 마늘의 특수성분인 Allyl sulfide와 Allyl disulfide의 함량이 석탄회 처리로 감소되었다.
- 11) 패각, 석탄회 처리로 엽의 석회함량이 증가되었다.
- 12) 석탄회 처리로 단감엽의 마그네시움 함량이 증가되었다.
- 13) 석탄회 처리로 밤엽의 칼리함량이 증가되었다.
- 14) 석탄회 처리와 무처리간에 엽의 중금속함량은 일정치 않다.

3. 수량성적

석탄회 처리로 각작물의 수량증가가 인정되었다.

- 1) 시설봄배추 수량은 석탄회 처리로 무처리에 비하여 19.0% 증수되었다.
- 2) 노지가을배추 수량은 석탄회 처리로 무처리에 비하여 64.4% 증수되었다.
- 3) 잔효봄배추 수량은 석탄회 처리로 무처리에 비하여 855.0% 증수되었다.
- 4) 사천마늘 수량은 석탄회 처리로 무처리에 비하여 14.0% 증수되었다.
- 5) 진주마늘 수량은 석탄회 처리로 무처리에 비하여 28.8% 증수되었다.
- 6) 사천단감 수량은 석탄회 처리로 무처리에 비하여 63.9% 증수되었다.
- 7) 진주단감 수량은 석탄회 처리로 무처리에 비하여 7.0% 증수되었다.
- 8) 하동적량 밤 수량은 석탄회 처리로 무처리에 비하여 34.7% 증수되었다.
- 9) 하동양보 밤 수량은 석탄회 처리로 무처리에 비하여 33.7% 증수되었다.

- 10) 하동적량 밤의잔효 수량은 석탄회 처리로 무처리에 비하여 34.3% 증수되었다.
- 11) 하동양보 밤의잔효 수량은 석탄회 처리로 무처리에 비하여 42.0% 증수되었다.